АЛЬБЕРТ ВАЛЕНТИНОВ

ЧТО НОВОГО В СТАРОМ ОСКОЛЕ

ХУДОЖНИК
Ф
Я.ЛЕВИЦКИЙ
Fe

А. А. ВАЛЕНТИНОВ

ЧТО НОВОГО В СТАРОМ ОСКОЛЕ?

МОСКВА · МЕТАЛЛУРГИЯ · 1979

СОДЕРЖАНИЕ

На заре цивилизации	5
Метод проб и ошибок	14
Поражение, ставшее победой	21
От железа к чугуну	29
От чугуна к железу	44
Металл меняет форму	57
Переломный этап	67
Газ и уголь — кто кого?	82
Поиск продолжается	103
Пришелец из легенды	114

УДК 669.12 (023)

Оформление и рисунки художника **Р.В. ЛЕВИЦКОГО**

Валентинов А.А.

В15 Что нового в Старом Осколе? — М., Металлургия, 1979. — 120 с. с ил.

ИСБН

Автор раскрывает удивительную историю девальвации железа, объясняет, почему иногда выгоднее делать двойную работу, и повествует о том, как кокс спас обреченную домну. Книга рассказывает о железной лихорадке на рубеже XX века, о пятидесяти способах "присвоения" кислорода, о том, что нового в Старом Осколе, и о многих других занимательных вещах, связанных с самым древним и в то же время самым новым способом получения железа — прямым восстановлением. Книга рассчитана на широкий круг читателей.

669.12 (023)

В $\frac{31001 - 046}{040\,(01) - 79}$ 13–78 2602000000

© Издательство "Металлургия", 1979

НА ЗАРЕ ЦИВИЛИЗАЦИИ

По утрам небо над Египтом синее-синее. Как полосы на переднике фараона. Легко и плавно, будто плывет по спокойному морю, поднимается по небу золотая ладья бога Солнца Ра. Знойное дыхание его нестерпимо для человека. Поэтому так ценятся в Египте прохладные утренние и вечерние часы.

Вот и мастер, ведающий железоделательными работами, встал чуть свет и поспешил растолкать рабов. Скорей, скорей за работу!

Первым делом рабы выкопали круглую яму в локоть[1] глубиной и около полутора локтей в диаметре. Яму обмазали глиной. Из глины же вылепили вокруг нее стенку в половину человеческого роста. Внизу по всей окружности пробили отверстия. Так получился горн — глиняный очаг для выплавки металла.

Под палящим солнцем глина быстро твердеет. И вот уже рабы засыпают в горн мелко истолченный древесный уголь. Мастер проследил, чтобы он лег ровным слоем, а затем собственноручно поджег его, предварительно испросив благословение богов. На горящий уголь бросили измельченную руду — красную, тяжелую — ее добывали в копях далеко на севере. Затем снова добавили уголь и опять руду. И так пять-шесть слоев. Это была еще посильная работа, и рабы делали ее споро, весело переговариваясь. А затем начался ад. По знаку мастера рабы взяли длинные полые стебли лотоса, вставили их в отверстия внизу горна и, напрягая легкие, стали дуть.

---

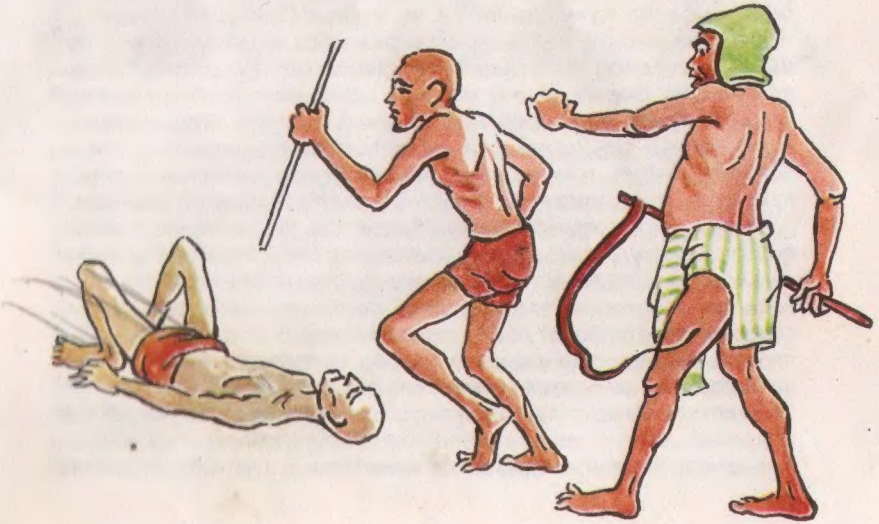
[1] Локоть — старинная мера длины, от сгиба локтя до кончиков пальцев руки взрослого человека (приблизительно равна 0,5 метра).

Золотая ладья огненосного бога уже высоко в небе и беспощадно льется от нее вниз, на землю, нестерпимый жар. И само небо уже не синее, а белое, раскаленное. Дули рабы в трубки, поддерживая огонь, пока не падали на раскаленный песок, в изнеможении бессильно раскинув руки. Тогда трубки перехватывали другие рабы, а упавших отволакивали в тень, чтобы отдышались. Не было в древнем мире тяжелее работы. Редко кто из рабов выдерживал ее более пяти лет.

Хорошо горел уголь. Черный густой дым валил из горна и медленно расплывался в воздухе. Проходили часы. Дым становился прозрачнее, легче. Внимательно следил за ним мастер. Сложное, непонятное таинство свершалось за глиняными стенками. Неведомы законы, по которым оно происходит. Как узнать —

когда, в какой момент подавать рабам знак, чтобы перестали дуть? Поспешишь — металла не получишь, останется в горне полусырая руда. Пропустишь срок — сгорит железо, в труху рассыплется. За такое упущение можно и самому получить на шею рабский ошейник. Вот и следит мастер за дымом во все глаза.

О многом говорит дым знающему человеку. Пока он густой да черный, можно не волноваться. Но вот исчезла чернота, дым стал сероватым, менее заметным, сейчас надо быть внимательным, непрестанно понукать рабов, чтобы сильнее дули. Совсем исчез дым, только столб раскаленного воздуха колышется над горном, искажая очертания далеких пирамид. Значит, весь уголь уже выгорел. Теперь пора! Да и по времени тоже выходит, что пора: золотая ладья косну-



лась уже другой стороны горизонта. Мастер махнул рукой, и измученные рабы торопливо вытащили из отверстий обгоревшие на концах трубки.

На рассвете следующего дня под ударами ломов рассыпались слегка охладившиеся за ночь стенки горна. И — о, великое чудо! — Земля родила железо. Правда, только опытный глаз мастера мог бы угадать железо в этом черном ноздреватом куске, насквозь пронизанном крупинками обгоревшей земли и оставшегося угля. Ни меча, ни даже обычного ножа из такого железа не сделать. Сначала его надо очистить, удалить из него все посторонние примеси — неметаллические включения, как их называют современные металлурги.

И вот рабы подхватили крицу (так называется этот кусок железа) на ломы и потащили в кузницу. Там металл снова разогрели в пламени, бросили на наковальню. Тяжко заухали кувалды, сминая, уплотняя крицу. И с каждым ударом проступало из ее глубины на поверхность все лишнее, ненужное, чужеродное: тяжелые частицы железа, уплотняясь, вытесняли более легкие неметаллические включения. Долгая это была работа. Когда крица остывала на наковальне, ее снова разогревали и снова били кувалдами. И так до пяти-шести раз. На земляном полу выросла кучка выбитой из крицы "шелухи", кусок металла значительно уменьшился в размерах, зато сделался плотным, с гладкой блестящей поверхностью. Последние удары, придающие форму. И вот он, еще один десятикилограммовый брусок, лежит на наковальне. Из него сделают мечи, шлемы и наконечники для копей воинов великого фараона. Из этого же металла откует кузнец серп, который три тысячи лет спустя найдут при раскопках под фундаментом Карнакского сфинкса.

Десять килограммов железа более чем за сутки! Ну и производительность, — скажете вы. А между прочим, это была прекрасная производительность. И древние мастера очень удивились бы, если бы им сказали, что их способ получения железа крайне несовершенен. Наоборот, они твердо знали, что их способ — самый передовой, поскольку другие народы получали за одну плавку не более двух-пяти килограммов железа.

Египетские мастера имели все основания гордиться своей технологией, ибо к тому времени металлургия уже насчитывала три-четыре тысячи лет развития и напрочь вытеснила примитив-

ные каменные орудия первобытного человека. В отличие от камня металлы не раскалывались и не ломались под ударом; они просто меняли форму. Металлические изделия не нужно было выбрасывать после того, как они тупились или сплющивались. Им можно было придать прежнюю или совсем другую форму и снова их использовать. Это свойство материала мы называем пластичностью. Первые металлы, которые нашел человек, как раз и обладали очень высокой пластичностью.

Этими первыми были золото, серебро и медь, встречающиеся в природе в естественном, так называемом самородном состоянии. Сначала металлы привлекали внимание человека не своими великолепными свойствами, а . . . блеском. Из золота, серебра и меди люди стали делать украшения — кольца, бусы, броши, обручи для рук и ног. Использовать эти металлы для

изготовления каменных орудий было нельзя, потому что в самородном виде их встречалось очень мало, а кроме того, они были очень мягкими.

С течением времени из самородной меди, более твердой, чем золото и серебро, в конце концов стали делать топоры, ножи, наконечники для копий и другие вещи. Но чтобы при отсутствии необходимого опыта из куска меди выковать топор, требовалось подчас не меньше времени, чем на изготовление каменного. А служил медный топор хуже — быстро тупился. Правда, потом его можно было поправить и снова пустить в дело, тогда как каменный приходилось просто выбрасывать. Но для древних людей, которые могли найти подходящие камни не в одном, так другом месте, это не было таким уж неоспоримым преимуществом. И, возможно, люди до сих пор оставались бы в каменном веке, если бы на помощь не пришел их давний друг — огонь.

Сначала он служил защитой от диких зверей и обогревал в холодные вечера. Затем люди научились варить на огне пищу. Для этого потребовались сосуды, не пропускающие воду. Так развилось гончарное производство. Вылепив из глины кувшин или горшок, мастер обжигал его в пламени костра. Чем выше в нем была температура, тем крепче получалось глиняное изделие. И тогда место обжига люди стали обносить камнями, создавая примитивный обжиговый горн. Среди камней попадались и металлические руды. Если это оказывалась легкоплавкая медная руда, то, нагреваясь в огне костра, она расплавлялась и превращалась в чистую медь. В конце концов человек, подметив этот процесс, начал специально бросать в горн куски руды. Так примерно восемь тысяч лет назад родилась металлургия.

Трудно переоценить значение этого события. Теперь человеку не надо было искать редкие "гнезда" самородных металлов — к его услугам были обширные месторождения руды. Да и само изготовление орудий стало гораздо проще, потому что люди научились ковать не холодный металл, а раскаленный. Если раньше, чтобы выковать топор, приходилось несколько часов бить по куску самородной меди, то теперь, раскалив этот кусок на огне, всю операцию проделывали за десяток минут. За несколько минут можно было и поправить затупившийся или расплющившийся топор, раскалив и заново отковав его. Более того, оказалось,

что орудия, выкованные из нагретой меди, гораздо крепче, чем из холодной.

Из металла можно было изготовить такие изделия, какие из камня получить вообще невозможно. Например, меч. Попробуйте представить себе это страшное оружие ближнего боя, сделанное из камня, — да каменный меч сломается после первого же удара! Невозможно было сделать из камня и наконечник к сохе, поэтому приходилось разрыхлять почву каменными мотыгами. Медный же лемех, глубоко вспахивая землю, позволял получать гораздо бóльшие урожаи.

А кроме того — и это, пожалуй, самое главное — металл сберегал время. Как ни хорош был каменный топор, но чтобы срубить им дерево, требовалось несколько часов, и человек за день зачастую не успевал больше ничего сделать. Как ни примитивен был топор, выкованный из раскаленной меди, он сократил это время в несколько раз. Теперь человек за день мог свалить три-четыре дерева с той же затратой сил. Применение металла, таким образом, позволило значительно повысить производительность труда.

Однако же и медь не была достаточно совершенным материалом. Гораздо прочнее меди оказалась бронза — сплав меди с оло-

вом. Первый полученный человеком сплав дал название целой эпохе в развитии человеческой цивилизации — на смену каменному веку пришел век бронзовый. Бронзовые орудия постепенно вытеснили медные. Топор из бронзы лучше рубил деревья и реже тупился. Меч из бронзы был гораздо надежнее в бою.

Характерно, что кочевые племена научились выделке металла у своих оседлых соседей, но до больших высот в этом деле не поднялись. Они обрабатывали металлы самым примитивным способом. Вместо клещей кусок металла удерживали расщепленной палкой, наковальней и молотом служили два гладких камня, причем "молот" иногда не имел даже рукоятки, а был закреплен на ремне. Разумеется, такими инструментами хорошие орудия не сделаешь.

Совершенно иное встречаем мы в странах древней культуры — в Северной Африке, в западной и восточной частях Малой Азии, на побережье Средиземного моря. Так, египтяне, вынужденные бороться с неблагоприятными климатическими условиями, используя бронзовые орудия, сумели создать огромную систему искусственного орошения — вырыли каналы и огромные водоемы. Искусственное озеро Мерис, например, имело в окружности несколько сот километров.

Выплавка металлов в этих странах была, бесспорно, совершеннее, но и она оставалась на крайне низком технологическом уровне. В примитивных горнах, не обеспечивавших высокой температуры, меди из руды выплавлялось очень мало. Можно с уверенностью считать, что на заре металлургии больше половины металла так и оставалось в руде и выбрасывалось вместе с ней в отвалы. Для того чтобы получить несколько килограммов меди, приходилось вести плавку целый день.

Сопряженное с немалыми затратами труда получение металла определяло и очень высокую его стоимость. Особенно дорогой была бронза — ведь необходимое для нее олово было в древности большой редкостью. Владеть бронзовыми орудиями могли только очень богатые люди. Поэтому медь и даже бронза не вытеснили вовсе орудия каменные. При постройке знаменитых египетских пирамид, наряду с медными и бронзовыми долотами, огромные блоки обтесывали и каменными рубилами. А простой народ в обиходе вообще пользовался только каменными орудиями. Окончательно камень уступил место металлу только с по-

явлением в руках человека нового материала, определившего все дальнейшее развитие цивилизации. Этим материалом оказалось железо.

Ученые до сих пор не могут прийти к единому мнению о том, каким образом люди научились выплавлять железо. В естественном, самородном виде оно почти не встречается. Существует гипотеза, что первое железо, которое получили люди, досталось им с неба — в метеоритах. Одно из оснований для такой гипотезы — название металла у разных народов. Так, у древних египтян железо называлось "вааепере", что означает "родившееся на небе". Древние копты называли его "камнем неба".

Но железные метеориты достаточно редки, вероятность отыскать их крайне мала. А ведь необходимо было не только найти метеорит, но и догадаться выковать из него изделие. Очевидно, железо пришло к людям, в основном, все-таки вполне земным путем. Возможно, в те же горны, где выплавлялась медь, попадали куски железной руды, и мастера в конце концов догадались, что из этого темного вещества можно изготовить гораздо более крепкие ножи, топоры и мечи, чем из бронзы.

Достоверно одно: очень долгое время железа было так мало, что ценилось оно гораздо дороже золота. Среди уцелевших до нас сокровищ египетских пирамид, где золота — тонны, ученые нашли всего лишь несколько украшений из простого железа. Только очень богатые люди могли иметь железные кольца или броши. А один восточный деспот даже издал закон, под страхом смертной казни запрещавший всем, кроме него самого, разумеется, носить железные украшения. Древнегреческий географ и историк Страбон писал о некоторых африканских народах, которые за железо давали в десять раз больше золота по весу. В "Одиссее" Гомера рассказывается, что победителю спортивных состязаний в награду вручали кусок золота и кусок железа. Один из египетских фараонов просил короля хеттов прислать ему железо в обмен на золото. Так продолжалось до тех пор, пока люди не нашли дешевый и производительный способ изготовления железа. После этого оно начало быстро падать в цене, и уже не украшения делали из него, а топоры, лопаты, мечи, ножи, кольчуги . . . На земле наступил железный век. Именно с этого момента мы и начали нашу книгу.

. . . Прежде всего надо было получить древесный уголь. Как видно из названия, его изготавливали из деревьев. Мы не случайно употребили здесь слово "изготавливали": точнее не обозначишь технологическую операцию, требующую несколько дней тяжелого труда.

Сначала поступали просто: срубленные деревья наваливали грудой друг на друга и поджигали, а когда костер достаточно разгорался, его заливали водой. Этим способом уголь для выплавки металла получали очень долгое время. Качество угля оставляло желать лучшего, потому что часть деревьев успевала прогореть и обратиться в бесполезную золу, а другая часть была еще "сырой", полуобгоревшей. Такой уголь не мог давать высокой температуры.

Египтяне первыми применили так называемый кучный способ приготовления древесного угля. Между прочим, он почти не изменился и до наших дней. В некоторых странах металлургические печи до сих пор еще работают на древесном угле, который изготавливается кучным способом.

В удобном месте, чаще всего на опушке леса, углежоги вырывали огромную яму и складывали туда ветки, сучья, поленья, иногда даже целые стволы деревьев. Эту кучу древесины высотой с трехэтажный дом плотно покрывали дерном, а щели замазывали глиной, оставляя лишь наверху и внизу по одному отверстию для слабого притока воздуха. Через нижнее отверстие дрова поджигали и давали им частично сгореть, а вернее, обуглиться, поскольку для хорошего горения воздуха не хватало.

Все искусство углежога заключалось в умении так регулировать приток воздуха, чтобы дерево обугливалось возможно равномернее. При этом в результате целой цепочки химических реакций целлюлоза, из которой в основном состоит дерево, превращалась в углерод. Как только температура внутри кучи повышалась до определенных пределов (а это определяли по дыму), оба оставшиеся отверстия плотно замазывали, и уголь медленно охлаждался в течение нескольких дней. Из одной такой кучи получали большое количество первосортного угля: при сгорании в горне он обеспечивал высокую температуру и позволял получать железо хорошего качества.

Тщательно готовили к плавке и руду. До того, как загрузить ее в горн, руду разбивали кувалдой на мелкие кусочки и промывали. При этом пустая, не содержащая железа порода, которая всегда бывает в руде, размельчалась до размеров песчинок и уносилась водой. А те кусочки пустой породы, которые вода не унесла, отделяли от руды, просеивая смесь через сито. Пустую породу выбрасывали, а руду после этого обжигали на костре. Это давало возможность хорошо разрыхлить руду и тем самым значительно ускорить последующий процесс выплавки железа. Кроме того, в пламени костра из руды выжигались некоторые вредные примеси, в том числе один из злейших врагов железа — сера.

Вот такая основательно подготовленная руда и хороший древесный уголь позволяли египтянам получать вчетверо больше металла, чем другим народам. Кроме того, и сама руда, которой они пользовались, была,как мы сейчас говорим, богатой, то есть содержала большой процент железа.

Но, пожалуй, пора уже коротко рассказать о том, что такое руда и как она в огне превращается в железо.

Руда — это химическое соединение железа с кислородом. По внешнему виду она — иногда красная, иногда бурая, иногда черная земля (это зависит от того, в каких пропорциях соединены железо и кислород). Для того чтобы получить из руды железо, надо отобрать от нее кислород. Но как? Химия дает простой ответ на этот вопрос: надо найти такое вещество, которое сумеет "связать" кислород, вещество, с которым кислород соединяется легче и активнее, чем с железом. Тогда кислород "покинет" железо и вступит в реакцию с этим веществом. В химии процесс, при котором отдается кислород, называется реакцией восстановления, а связующее вещество — восстановителем. Обратный же процесс, при котором кислород соединяется с каким-либо веществом, называется реакцией окисления. Иными словами, необходимо **восстановить** железо в его первоначальное состояние с помощью вещества, которое само бы при этом **окислилось**.

Химики определили активность различных веществ и составили так называемую шкалу активности. В ней целый ряд веществ расположен в определенной зависимости: вышестоящее вещество всегда может отобрать кислород у нижестоящего, потому что оно активнее окисляется. Над железом в этой шкале

много веществ, но на протяжении веков человечество знало лишь один восстановитель для него — углерод, или попросту уголь. Однако если мы просто смешаем уголь с рудой, то никакой окислительно-восстановительной реакции не произойдет. Тут нужен еще один компонент реакции — тепло.

Кислород, как правило, образует очень прочные соединения, разрушающиеся только при высокой температуре. Поэтому смесь угля и руды надо нагреть. Можно сделать так: смешать руду и уголь в глиняном горшке и поставить его на огонь. При достаточно высокой температуре получится железо. Но ведь можно сделать и проще: поджечь уголь. Сгорая, он и создаст ту высокую температуру, при которой сам же "свяжет" кислород, отнимет его от руды. Руда восстановится в железо, а углерод, соединяясь с кислородом, образует углекислый газ. Вот по этому принципу и работают все металлоделательные агрегаты.

Разумеется, древние мастера ничего этого не знали. Они не подозревали ни о кислороде, ни об углероде, ни вообще об окислительно-восстановительном процессе. Они до всего доходили методом проб и ошибок. Случайно обнесли костер стенами

из глины, чтобы пламя не задувало ветром, — получился горн, в котором железо выплавлялось быстрее. А почему? Древние не смогли бы объяснить это. А между тем ответ очень прост: если раньше, при открытом костре, часть тепла бесполезно рассеивалась в пространстве, то теперь стенки горна отражали ее, отбрасывали обратно на руду. А при большом количестве тепла и руда нагревалась быстрее. Однако без притока воздуха огонь плохо разгорался. Дома, в печи, огонь раздували ртом. Попробовали и здесь дуть через трубки — получилось хорошо.

Но ведь до всего этого надо было додуматься, все это надо было найти! До нас дошли только конечные результаты, а сколько же было неудач! Путь открытия тернист и сложен — его готовит множество людей, а сделает кто-то один. И история помнит только одного человека, несправедливо забывая его предшественников, хотя без их работы он ничего не сумел бы сделать. Между прочим, метод проб и ошибок (он еще в шутку называется методом "тыка") дожил до наших дней. И сейчас исследователи проводят опыт за опытом, пока не "натыкаются" на необходимый результат. Можно представить, сколько уходит на это времени и труда! Лишь в самое последнее время появилось математически обоснованное прогнозирование экспериментов, позволяющее заранее предсказать, какие именно опыты приведут к цели.

Но если сейчас ученые, использующие метод проб и ошибок, хотя бы представляют себе, каких результатов они добиваются, то древние мастера вообще действовали вслепую. Кто-то случайно засыпал в горн очень мелкую руду — и плавка ускорилась. Значит, руду надо измельчать. Кто-то предварительно обжег руду на костре, тоже случайно, — железо получилось лучшего качества. И стали делать так же, не догадываясь, почему это лучше.

Примечательно, что эти способы подготовки руды перед плавкой дожили до наших дней, но только лет сто пятьдесят назад им дали правильное теоретическое обоснование. Оказалось, что чем мельче руда и уголь, тем больше у них поверхность сгорания, тем быстрее идет процесс. Это как сахар в чае: быстрее растворяется песок, чем кусковой. А с предварительно обожженной на костре рудой происходят сложные химические процессы: сначала при обжиге железо еще активнее соединяется с кислородом, а затем при выплавке очень быстро этот кислород отдает. Значит,

в горне обожженная руда опять-таки быстрее восстановится до железа, чем сырая.

Разумеется, мы нарисовали слишком упрощенную картину. Получив один раз случайно хорошие результаты, мастер вовсе не стал постоянно измельчать и обжигать руду. Он просто не понял, что произошло. Да и не мудрено: каждая плавка в те времена зависела от множества причин — от состава глины, из которой сооружали горн, от пород деревьев, из которых выжигали уголь, от самой руды, которая в каждом месте разная, от интенсивности дутья. . . Так что, приступая к плавке, мастер никогда не был уверен, какое железо у него получится. Недаром перед каждой плавкой приносились жертвы богам. Где уж тут обращать внимание на редкие случайности! Понадобились сотни и тысячи таких случайностей, чтобы люди подметили **закономерность**, а подметив, улучшили технологию работ. На все это требовалось время, много времени. Проходили века, а металлургический процесс почти не менялся.

Зато менялось общество. В нем происходило великое общественное разделение труда. Появились ремесленники — люди, которые не выращивали урожай, не разводили скот, а только изготовляли орудия труда для тех, кто это делает. Разделение труда происходило и среди ремесленников одной профессии. Так, одни металлурги стали только выплавлять металл, а другие специализировались на изготовлении из него изделий. Это позволило им глубже вникать в тайны мастерства.

По мере развития общества, расширения ремесел, овладения знаниями железа требовалось все больше и больше. Для обеспечения этой потребности увеличивали размеры горнов. Но чем больше становился горн, тем больше воздуха необходимо было в него подавать. И наступил момент, когда человеческим легким, даже самым богатырским, это оказалось не под силу. И тогда произошла одна из крупнейших революций в металлургии — появились мехи.

Первоначально мехи применяли для раздувания пламени в кузницах, при изготовлении из металла изделий. Далеко не сразу их догадались приспособить для выплавки самого металла. Зато потом они очень быстро вытеснили дутьевые трубки. Мехи давали равномерное и сильное дутье, значительно повышавшее температуру плавки. И благодаря этому они явились главным техничес-

ким условием дальнейшего развития и прогресса всей металлургической техники.

Первые мехи представляли собой простой кожаный мешок, сшитый из шкур различных животных. По имени животных иные народы называли и выплавленные с помощью этих мехов железные крицы (волк — у немцев, лисица — у французов и т.д.). В кожаный мешок вставляли трубку, по которой и подавался воздух при нажатии на мех рукой или ногой. Позднее мехи стали делать в виде пустотелого сосуда (чаще деревянного, но иногда и глиняного), на который натягивали кожу. При надавливании на кожу воздух выталкивался из сосуда и по трубке шел к огню. А чтобы привести кожу в первоначальное положение, ее после каждого нажатия подтягивали при помощи привязанной палки.

Воздух входил в мехи через имевшиеся в верхней части сосуда отверстия (в момент нажатия эти отверстия прикрывались). Можно представить себе, насколько утомительной была вся эта работа.

Применение мехов потребовало прежде всего изменить, а точнее сказать, увеличить объем плавильного устройства. Можно было раздать горн в ширину и при этом облегчить загрузку в него шихты (так называют смесь руды с углем) и выгрузку готовой крицы. Можно было вытянуть горн вверх, увеличить тягу и, следовательно, температуру, а в конечном счете ускорить плавку. Что лучше? Какой вариант выбрать? И тут опять начал действовать метод проб и ошибок. Были испробованы оба варианта, пока, наконец, не выявилась более производительная конструкция. Низкий горн был заменен небольшой вертикальной печью. Такую печь называют шахтной. Очевидно, по какой-то далекой ассоциации с вертикальными шахтными стволами, которые прорывают в земле. Невольно вспоминается анекдот о Ходже Насреддине, который на вопрос, как построить минарет, ответил: надо вырыть глубокий колодец и вывернуть его наизнанку.

Шахтная печь позволяла гораздо лучше использовать тепло. Первые такие печи очень походили на горн и отличались от него лишь более высокими стенками. Затем, чтобы увеличить тягу, верх печей стали все более суживать и удлинять. Так появились заводские трубы.

Печи больших размеров уже нельзя было делать из глины: слишком толстыми пришлось бы выкладывать стенки, чтобы они не ломались. Поэтому печи стали делать из камня, а глиной их только обмазывали изнутри и снаружи. Большие печи невыгодно было ломать после каждой плавки: слишком долго потом приходилось их строить. И тогда нижнюю часть печей стали делать выдвижной, чтобы можно было достать готовое железо, не ломая всего сооружения.

В печах новой конструкции при заметно возросших температурах плавки стало возможным получать медь и бронзу в жидком виде и отливать из них в заранее сделанных земляных формах готовые изделия. Хотя такие литые изделия были по качеству хуже кованых, технология их производства была проста и доступна любому.

Гораздо сложнее обстояло дело с производством железа. Для полного его расплавления требовалась температура, чуть не в полтора раза большая, чем для меди. Такую температуру не обеспечивали даже самые лучшие мехи. И железо по-прежнему получали в виде крицы, а затем отправляли в кузницу. Такая технология требовала от металлургов эпохи античности и бóльших знаний, и большего мастерства, а главное, не обеспечивала высокой производительности труда. Вот почему, наряду с железом, очень долгое время применяли и бронзу, причем последнюю даже в бóльшем количестве.

ПОРАЖЕНИЕ, СТАВШЕЕ ПОБЕДОЙ

Металлургия железа получила заметное развитие в странах Древнего Востока, а затем в античных государствах. Уже в Древней Греции и Риме, наряду с кричным железом, умели получать и чугун, и сталь.

В период раннего средневековья с упадком античной культуры пришел в упадок и металлургическая промышленность. Многие секреты производства металлов, найденные еще в древнем мире, были утеряны. Остались только примитивные малопроизводительные способы. Даже сталь европейцы долгое время не умели делать. Латы рыцарей изготавливали сплошь из железа, и чтобы достичь необходимой прочности, железные листы приходилось делать очень толстыми. Первые европейские латы были так тяжелы, что закованный в них всадник зачастую не мог самостоятельно сесть на коня. А если в бою его выбивали из седла, он становился легкой добычей проворного пехотинца. Железными, а не стальными были в раннем средневековье и мечи. А чтобы они были прочными и надежными в бою, мечи делали настолько массивными, что приходилось держать их двумя руками (эти мечи так и называли двуручными). Характерно, что примерно до IX X веков европейцы не знали лошадиных подков (они появились в Европе с востока во времена крестовых походов).

Как известно, крестовые походы закончились для европейцев неудачей. Но поражение это в конечном счете обернулось большой победой. Крестовые походы дали мощный толчок всему развитию европейской промышленности и прежде всего метал-

лургии. Кроме этого, крестоносцы вывезли из стран Востока большое количество новых для себя изделий, а главное, освоили способы и приемы их изготовления и, в частности, некоторые методы производства качественной стали. Со времен крестовых походов вместо прежних неподъемных доспехов начинают входить в обиход более легкие и прочные стальные панцири, шлемы, мечи. Теперь уже не только конные рыцари, но и пехотинцы одевали легковесные пластинчатые латы, сделанные тоже из стали.

Здесь, пожалуй, вполне уместно поговорить о том, что же это такое — сталь.

Школьный учебник химии на вопрос "что такое сталь?" дает простой и четкий ответ: сталь — это сплав железа с углеродом. Правда, этот ответ не полный. Ведь углерод может растворяться в железе в различных количествах. И все это будет сталь? Нет,

сталью считается только тот сплав, в котором количество углерода не превышает двух процентов. Самое интересное, что чем больше в сплаве углерода, тем сталь делается более крепкой... и более хрупкой. Впрочем, слово "хрупкость" в металлургии редко употребляется. Вместо него в ходу слово "пластичность". Это антипод хрупкости. Пластичность — это свойство материала изменять свою форму под влиянием внешних сил. Железо пластично, когда под ударами молота даже в холодном состоянии принимает форму нужной детали. Но ведь в техническом железе почти нет углерода, кроме того мизерного количества, которое перешло из угля в процессе восстановления руды.

Итак, чем больше углерода, тем сталь делается более крепкой (это хорошо!) и менее пластичной (это плохо!). Вспомните фильм "Три мушкетера". Перед тем как начать драться на дуэли, д'Артаньян и его лихие друзья сгибали шпаги в полукруг, про-

буя их упругость. Шпагу из высокоуглеродистой стали так не согнешь — лопнет. Но шпага должна быть и крепкой, иначе что это за оружие! Как совместить эти противоречивые требования — крепость и пластичность? Вот задача, которую металлургия решает все восемь тысяч лет своего существования.

Еще в глубокой древности восточные мастера знали секреты производства исключительно крепкой и пластичной стали. Только в те далекие времена ее называли не сталью, а булатом.

Сколько сказочных легенд создано о нем за тысячелетия! Сколько достоверных сведений, похожих на самые удивительные легенды, знаем о булате мы сегодня! Достоверно одно: булатная сталь обладала уникальными свойствами — клинки из нее пробивали самые лучшие доспехи, а способность к затачиванию была у них столь высокой, что они разрезали подброшенный в воздух шелковый платок.

Нет, пожалуй, другой тайны, которая хранилась бы так же свято, как секреты производства булата. Из поколения в поколение, от отца к сыну передавали мастера секреты изготовления

булата. И секретов этих было столько же сколько мастеров: каждый из них знал какие-то особые приемы, повышающие качество металла. Поэтому у каждого мастера получался свой булат, в чем-то отличающийся от других. Но одно было обязательным, неизменным для всех булатов — волнистые узоры на поверхности клинков. По различиям в этих узорах определяли и сорт булатной стали, и даже ее изготовителя. Сокровенные тайны производства булата явились и главной причиной того, что уже известная и отработанная в металлургии технология была утрачена, а производство булатной стали прекращено. Цепь преемственности семейных секретов когда-нибудь должна была прерваться. То у мастера рождались одни дочери и некому было передать тайну, то он внезапно погибал . . . Окончательно погубил булат жестокий завоеватель Тимур (Тамерлан).

Разгромив страны Востока, он свез к себе в Самарканд всех ремесленников, оставшихся в живых. Оторванные от родины, не имеющие наследников, которых они по обычаю могли бы научить мастерству, умельцы унесли в могилу свои секреты.

На много веков производство булата осталось для людей неразгаданной тайной. Сотни исследователей бились над решением этой загадки. И лишь около ста сорока лет назад выдающийся русский металлург Павел Петрович Аносов раскрыл, наконец, секреты древних мастеров и возвратил людям булатную сталь.

Восточные мастера выплавляли булат в небольших глиняных сосудах — тиглях из тщательно подготовленной руды. По существу этот способ ничем не отличался от общераспространенной технологии получения кричного железа, но. . . одно отличие все же было. Причем отличие, о котором европейцы знали, но не придавали ему никакого значения. Дело в том, что на востоке применяли мощные кожаные мехи, которые позволяли в небольшом объеме тигля получить очень высокую температуру, достаточную для полного расплавления железа. Таким образом, у восточных металлургов получалась не крица, а жидкий металл, в котором все неметаллические включения (так называемый шлак) плавали на поверхности. Их не надо было "выдавливать" из куска железа долгой ковкой. По окончании плавки мастер просто наклонял тигель и сливал шлак.

А потом начинались секреты. Удалив подмастерьев из мастерской и тщательно заперев двери, мастер доставал из укромных уголков спрятанные растения — цветы, травы, ветки кустарника — и бросал их в тигель в раз навсегда установленной, только ему известной пропорции. У каждого мастера был свой набор растений. Считалось, что их соки обладают "волшебными" свойствами — прочностью, гибкостью, вязкостью, которые и передаются металлу. И они действительно передавали. . . После того как растения сгорали в расплавленном металле, железо превращалось в сталь. А вместе с растениями, тоже в определенных пропорциях, в металл сыпали графитовый порошок. Но он считался как бы подсобным материалом, не влияющим на качество металла. И невдомек было мастерам, что как раз графит-то (чистый углерод!) и превращал железо в сталь.

Добавляя в расплавленное железо графитовый порошок, каждый мастер придерживался своих пропорций. В результате и булат у каждого получался свой, не похожий на другие, — у одних покрепче, у других послабее, зато пластичнее. Но в конце концов каждый ремесленник находил ту необходимую пропорцию, при которой кромка лезвия не крошилась бы при самой тонкой заточке.

Ну, а травы и цветы, столь, казалось бы, несовместимые с тяжелым и трудным процессом получения металла, — какую они сыграли роль? Огромную. Дело в том, что в растениях содержатся многие неорганические вещества. Например, в яблоках

много железа, в других растениях содержатся марганец, молибден, ванадий. А они придают стали совершенно особые свойства. Сталь становится еще более крепкой и одновременно более пластичной. Сейчас мы вводим эти вещества в сталь в чистом виде. Они называются легирующими добавками, а получаемая сталь — легированной. Естественно, подбор растений влиял и на свойства стали. У одних мастеров она получалась марганцовистой, у других — молибденовой, у третьих — ванадиевой.

. . . Последняя травинка сгорала в кипящем вареве, и мастер выходил на свежий воздух. Главное сделано. Теперь подмастерья могут изготовлять из булата клинки, шлемы, кольчуги. Звонко забили молоты, и вот уже на наковальне ярко заалел готовый клинок. Мастер кинул взгляд на одного из подмастерьев, и тот опрометью бросился к коновязи, на ходу надевая на правую руку толстую кожаную рукавицу. Вихрем мчался конь по вечерней пустыне. Всадник, высоко подняв руку, крепко сжимал в ней медленно остывающий на ветру только что откованный меч.

Так в Дамаске производилась вторая важнейшая технологическая операция — закалка стали.

Закалку открыли еще в Древнем Египте. Открыли, разумеется, случайно. Желая побыстрее охладить только что откованное изделие, его погружали в холодную воду. И заметили, что после этого металл становится гораздо крепче. Из Египта закалка распространилась по всему миру.

В "Одиссее" Гомера мы встречаем уже образное описание процесса:

Как погружает кузнец раскаленный топор иль секиру
в воду холодную, и зашипит с клокотаньем железо,
— крепче железо бывает, в воде и огне закаляясь.

Конечно, во времена Гомера не могло быть и речи о научном объяснении протекающего при закалке процесса. Считалось, что все дело не в свойствах металла, а в свойствах жидкости: мол, ее особые качества наделяют металл крепостью при быстром охлаждении. На этой почве создается целый ряд фантастических представлений и религиозных мифов. В рукописи IX века до нашей эры, найденной в одном из храмов в Балгале (Малая Азия), рекомендуется, например, такой рецепт закалки кинжала: "Нагреть до тех пор, пока он не засветится, как восходящее в пустыне солнце, затем охладить его до цвета царского пурпура, погружая в тело мускулистого раба. . . Сила раба, переходя в кинжал, и придаст металлу твердость".

Средневековый рецепт не кровожаден, но тем не менее тоже малопривлекателен: булат рекомендовалось закалять в моче рыжего мальчика. Почему именно рыжего? Да потому, что в старину рыжим приписывали особые "колдовские" свойства.

Варварство, скажете вы, суеверие. . . Да, и варварство, и суеверие. Но не только это. . . Страшно подумать, сколько рабов отдали свои жизни, чтобы кинжалы правителей перерубали платок на лету. Но клинки, действительно, гораздо лучше закаливались в человеческой крови или моче, чем в простой воде. Объяснение этому очень простое: закалка в растворе солей протекает медленнее, чем в чистой воде. А некоторые сорта стали требуют при закалке как раз замедленного охлаждения. В древнем Дамаске такое охлаждение и достигалось закаливанием на ветру. Позднее там же, под Дамаском, между двух гор, построили даже специальный коридор из камней. Когда дул северный ветер, то на выходе из коридора он валил всадника с лошадью. Дождавшись ветра, мастера ковали оружие. Схватив клинок из-под молота, подмастерье бежал к коридору и подставлял его под упругие струи сжатого воздуха.

Вот так изготавливали знаменитые клинки. В средние века, когда секрет их производства был утрачен, появились рецепты

получения так называемого ложного булата. Изделия, выполненные по этим рецептам, по внешнему виду походили на настоящий булат, имели те же характерные узоры, но оставались всего лишь хорошей подделкой.

Вот один из таких наиболее распространенных способов получения "булата", дошедший до наших дней. Его применяли еще в прошлом веке. Оружейник брал несколько полос кричного железа, обязательно из разных горнов. Их нагревали в кузнечном горне и долго проковывали, неоднократно прерывая процесс для подогрева полос. Считалось, что чем глубже разное железо "войдет друг в друга", тем лучше. Затем из образовавшегося сплошного куска металла выковывали оружие.

Потом наступало самое главное. Путем многократных отжигов и охлаждений с различной скоростью мастера добивались появления на поверхности металла заветных волнистых узоров, и "булат" был готов. Он тоже, кстати сказать, разрубал на лету шелковый платок, но качество клинков, хотя и было достаточно высоким, намного уступало настоящему булату. Именно так изготавливали, например, знаменитые самурайские мечи "когата" и "тёгата", с помощью которых знатные японцы делали себе харакири, когда кодекс самурайской чести — бусидо — не оставлял им иного выхода.

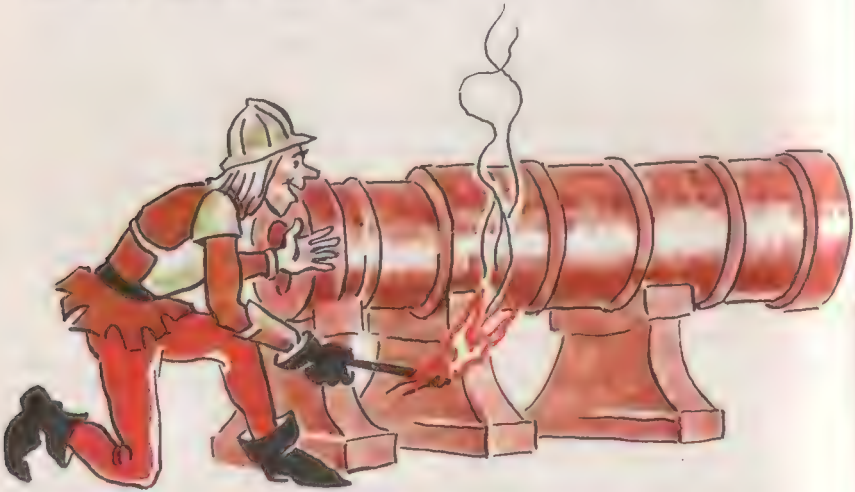
Однако ни овеянные легендами булатные клинки, ни самурайские мечи не сыграли сколько-нибудь заметной роли в позднем средневековье, а тем более в дальнейшие эпохи. Потому что исход отдельных сражений и целых военных кампаний решало в эту пору уже не холодное оружие, а "бог войны" — артиллерия и, позднее, ручное огнестрельное оружие. Первые пушки были применены в битве при Лигнице (Австрия) в 1241 году. С тех пор и по наше время ведется нескончаемая война между броней и снарядом. Война, которая окончится только с полным исчезновением борющихся "сторон".

ОТ ЖЕЛЕЗА К ЧУГУНУ

Далеко не сразу огнестрельное оружие завоевало всеобщее признание. И дело даже не в том, что первые орудия значительно уступали по мощности и пробивной силе древним, отлично отработанным стенобитным машинам — баллисте, тарану и другим.

Очень скоро пушки превзошли их. Самое главное — огнестрельное оружие требовало новых способов ведения боя. Оно позволяло драться "издалека": сначала, находясь на недосягаемом для противника расстоянии, нанести ему урон, деморализовать, а уж потом в рукопашной схватке довершить победу. Для этого войска должны были иметь достаточное количество орудий. Но первые пушки были очень дороги и сложны в изготовлении.

Они делались из железа, которое в то время все еще не умели получать в жидком виде, а следовательно, не могли и отливать в



формы. Поэтому первые пушки выковывались, только не из цельного куска металла, а из сотен сваренных вместе трапецеидальных железных полос. Примерно так же, как из составленных вместе деревянных пластин делают винные бочки. Это сходство усугублялось еще и тем, что для повышения прочности ствола пушек на него поверх сваренных полос впритык друг к другу натягивали железные кольца. Орудийные стволы сваривали из отдельных полос самым примитивным способом — нагревали и проковывали вместе. Разумеется, о каком-либо высоком качестве шва говорить не приходилось. Поэтому пушки

довольно часто разрывались. Дело в том, что при каждом выстреле ствол на какое-то мгновение "раздувается", а затем снова принимает первоначальную форму. Вот этого "раздувания" и не выдерживали сварные швы.

Пушек в те времена было мало, и каждой из них давали собственное имя, как сейчас крупным судам. Это были, как правило, даже по современным понятиям довольно крупные орудия. Например, одна из таких пушек, известная под именем "Ленивая девка", была изготовлена в Дрездене из полос сечением 3х6 сан-

тиметров и имела в длину 2,72 метра. Еще более внушительного "телосложения" была "Бешеная Гретхен" — железная пушка, выкованная в 1382 году в бельгийском городе Генте. При калибре 64 сантиметра ее ствол был длиной 5 метров. Весила "Гретхен" 14600 килограммов.

Имевшие собственные мастерские средневековые ремесленники (их называли мастерами) должны были объединяться в особые цеховые союзы. Цех предписывал мастерам буквально все — и как изготавливать то или иное изделие, и какими инструментами при этом пользоваться, и сколько подмастерьев и уче-

ников должен иметь каждый мастер. Так, в производстве листовых железных изделий средневековому цеховому мастеру разрешалось обычно держать не более трех человек — молотобойца, подручного и оцинковщика. А в оружейной мастерской должны были работать четыре человека — кузнец, подручный, чеканщик и разрисовщик.

Такая феодальная цеховая организация промышленности с ее резкой регламентацией производства, ограничением творческой инициативы и т.п. с течением времени все менее могла удовлетворить растущий спрос на металл и в конце концов уступила место мануфактуре. "Цеховые мастера были вытеснены промышленным средним сословием; разделение труда между различными корпорациями исчезло, уступив место разделению труда внутри отдельной мастерской",— писали об этом периоде К.Маркс и Ф. Энгельс в "Манифесте Коммунистической партии"[1].

В металлургии начало упадка феодализма прежде всего ознаменовалось изменением конструкции шахтных печей. Неуклонно возраставшая потребность в металлических изделиях настоя-

[1] К. Маркс и Ф. Энгельс. Манифест Коммунистической партии. М., Политиздат, 1977, с. 26

тельно диктовала расширение металлургического производства. Можно было поставить в мастерской дополнительные печи, но тогда требовалось увеличить число подмастерьев. Устав же цеха настрого запрещал это мастеру, и оставался один выход — увеличить объем печи, чтобы она давала больше металла.

Наращивать высоту печей было, несомненно, выгоднее, чем длину и ширину. Этот путь позволял решить многие технические проблемы. Например, при увеличении длины и ширины печей пришлось бы все время вручную продвигать руду и уголь к центру горения, в то время как в высокой печи эта работа выполнялась автоматически, силой тяжести. Руду и уголь загружали в печь сверху, и они постепенно опускались вниз, одновременно нагреваясь идущими навстречу горячими газами. Расположенного внизу печи очага горения руда и уголь достигали уже сильно разогретыми, то есть в достаточной степени подготовленными. Это заметно ускоряло восстановление железа и сокращало расход топлива.

Не нужно, однако, думать, что металлурги сразу перешли к высоким печам, не испытав других вариантов. Нет, метод проб и ошибок продолжал действовать. Прежде чем печи начали расти вверх, появились промежуточные конструкции, отличающиеся как раз не столько высотой, сколько шириной. Правда, это были уже не низкие сыродутые горны, но еще и не высокие шахтные печи. Привлекло в них металлургов одно неожиданно обнаруженное достоинство: единственные из

всех существующих агрегатов, они позволяли вести плавку не на древесном угле, а прямо на дровах. Следовательно, исключалась трудоемкая и долговременная операция приготовления угля. Вернее, уголь приготовлялся сразу, в процессе плавки. Дрова прогорали и превращались в уголь сначала у стен печи, причем выделяющееся тепло не пропадало даром, а прогревало заранее уложенную сюда же руду. На первый взгляд, большая экономия и повышение производительности. И все же этот агрегат "не прижился": он требовал многих дополнительных операций — сгребания готовых углей и нагревшейся руды к центру горения, довольно тщательного контроля за процессом восстановления и ряда других.

Утвердившееся в конце концов увеличение высоты печей потребовало подавать в них больше воздуха. Вскоре стало ясно, что чем выше печь, чем больше в нее входит руды и угля, тем мощнее должен быть поток воздуха, чтобы "пробить" эту массу.

В старые сыродутые горны воздух подавали остроугольные мехи, состоящие из верхней и нижней деревянных пирамидальных крышек, соединенных между собой кожаными стенками. Эти мехи мало чем отличались от применявшихся в древности. Чтобы регулировать воздушный поток и защитить мехи от разрыва при быстрой работе, в верхней крышке делали несколько отверстий, в которые вставляли клинья. Такие мехи получили название клинчатых. Они работали толчками, и поток подаваемого ими воздуха был неравномерным. Чтобы дутье было постоянным и одинаковым, приходилось у каждой печи устанавливать по нескольку клинчатых мехов, которые попеременно всасывали и выпускали воздух. Клинчатые мехи приводили в действие или просто руками, или с помощью рычага и колеса, которое зачастую вращали ходившие по кругу лошадь или вол.

Росла высота печей, увеличивалось и количество воздуха, потребного для процесса плавки. Через некоторое время ни человеческой силы, ни силы животных не стало хватать, чтобы обеспечить необходимое дутье. И тогда, примерно с начала XIII века, человек поставил себе на службу еще один вид энергии — энергию падающей воды. Теперь металлургические агрегаты стало приводить в движение мельничное колесо. После начала применения мехов это было второе революционное нововведение в металлургии. Отныне мехи двигала сила падающей воды. Стало воз-

строить агрегаты такой величины и производительности, о которых раньше не приходилось и мечтать.

Мельничное колесо, естественно, требовало большого количества воды, и это имело очень важное значение для всего последующего развития металлургии. Предприятия приходилось строить возле рек, которые перегораживали плотинами. До сих пор рядом с любым старым металлургическим предприятием обязательно увидишь заводской пруд. Есть он, например, и перед Белорецком, двести с лишним лет назад перегородившей реку Белую. Давно уже сгнило мельничное колесо, и все агрегаты нынешнего Белорецкого металлургического комбината, выросшего на месте старого доменного и молотового завода, давно уже работают на электричестве. А сделанный руками человека заводской пруд остался: Теперь он просто достопримечательность города. Летом белореченцы купаются здесь и ловят рыбу, зимой ребятишки катаются на коньках.

Зато руду на Белорецкий комбинат приходится возить за 90 километров из Магнитогорска. Это удел почти всех заводов.

потому что для их постройки далеко не всегда удавалось подобрать такое место, где бы по соседству друг с другом находились и руда, и вода.

Принятая в средние века примитивная технология плавки железной руды в шахтной печи подробно описана в одной из первых книг по металлургии — работе немецкого минералога Георга Агриколы "О царстве металла" (1556 год). Один из рисунков этой книги, дающий наглядное представление об отдельных металлургических процессах, изображает небольшую кузницу XIV—XV веков. Рабочий-плавильщик, обмотав лицо платком для защиты от жара и угарного газа, регулирует рычагом подаваемое в горн дутье.

Больший поток воздуха позволил коренным образом усовершенствовать процесс плавки. Железо в печи получалось по-старому в виде крицы. Зато неметаллические включения, имеющие более низкую, чем у железа, температуру плавления, расплавлялись теперь до жидкого состояния, то есть превращались в шлак. Перед окончанием процесса через специальное отверстие шлак сливали. Однако часть его все-таки оставалась в металле, и ее приходилось выбивать. На том же рисунке показано, как эту работу выполняют сначала двое рабочих, выколачивая болванку деревянными молотками, а затем третий рабочий, обжимая крицу тяжелым молотом, приводимым в движение от водяного колеса. Здесь же на наковальне и отковывали изделия.

Такая печь, еще сравнительно небольшой высоты, сохранялась в кузницах довольно долго, примерно до конца XVIII века. Но в крупных железоделательных центрах, где железо изготовляли в основном для рыночной продажи, эти печи были постепенно вытеснены другими, более производительными. Они имели форму конуса с диаметром основания 1,5 и высотой 6 метров. Одна из таких печей, построенная в немецкой деревне Шмалькальден, за 12—18 часов плавки давала около 700—900 килограммов железа. А размеры крицы были таковы, что для извлечения ее из печи созывалось все мужское население деревни.

Надо сказать, что с увеличением габаритов шахтной печи выемка из горна и последующая обработка крицы весом в несколько сот килограммов становилась одной из наиболее трудновыполнимых операций. Ведь необходимых для этого механизмов в то время не было. Казалось, металлургия заходит в тупик.

Георг Бауэр
Агрикола
1494 — 1555

Врожденная любознательность заставила Агриколу, врача из чешского города Яхимова, заинтересоваться делом, которым занимались его пациенты, и начать изучение минералогии и металлургии. Материала для изучения было в избытке: Чехия времен Агриколы была страной с высокоразвитой горнорудной и металлургической промышленностью. Первый труд Агриколы в новой для него области знаний "Бермануc или диалог о металлургии", напечатанный в 1530 году в Базеле, получил одобрение Эразма Роттердамского. Переехав в 1533 году в саксонский город Хемниц, Агрикола через некоторое время целиком посвятил себя горному делу. Здесь им были написаны работы "О происхождении минералов" (1546 г.), "О природе ископаемых" (1546 г.) и др.

В 1550 году Агрикола закончил обширный труд "О горном деле". В этом сочинении описаны открытые рудные разработки, рудники со штольнями, крепящими деревянные крепления, шахты различной конструкции, способы вентиляции шахт простой тягой воздуха, а также механические приспособления для подачи его в рудники. Наряду с описанием простых способов добычи руды при помощи ворота, клиньев, молотов и лопат, Агрикола говорил об огневом способе ломки породы в штольне. Автор приводил способы обогащения руды в толчейных мельницах с конным приводом и гидравлическими колесами. В области металлургии железа Агрикола описывал открытые горны низкой шахтной печи и усовершенствованную кричную печь. Рассказывал он также о приемах пробирного анализа. Этот труд в течение двух веков служил пособием по технике горного дела, металлургии и пробирному искусству.

Впервые значение трудов Агриколы было оценено в России великим Ломоносовым и лишь позднее — в Западной Европе.

Однако и на этот раз выручили все те [illegible], только теперь уже совершенно иной конструкции.

Мы уже говорили о недостатках воздух[illegible] клинчатых мехов. На первых порах эти недостатки можно бы[illegible] преодолеть, обслуживая каждую печь несколькими воздуходув[illegible], работающими попеременно. По мере увеличения габар[illegible] печи увеличивались и размеры мехов. Однако так не могло [illegible]одолжаться бесконечно. Достигнув определенного габаритного предела, клинчатые мехи требовали чрезмерных усилий для "мертвого хода", то есть для заполнения их воздухом. Порой даже водяной энергии не хватало, чтобы приводить эти мехи в движение. Таким образом, когда потребовались очень большие потоки воздуха, клинчатые воздуходувки не смогли их обеспечить. И тогда появились деревянные ящичные мехи.

Впервые они были применены в 1550 году в Нюренберге. Мехи представляли собой длинный деревянный ящик, в котором

взад-вперед ходил деревянный поршень. Такому устройству можно было придавать любые размеры и увеличивать поток воздуха почти неограниченно.

Однако, несмотря на очевидные преимущества ящичных мехов, в практику они входили довольно медленно. Объяснялось это в значительной степени тем противодействием, которое оказывали нововведению старые мастера — кожевенники, изготовлявшие клинчатые мехи. Насколько эта борьба была острой, свидетельствует хотя бы такой факт. Даже в 1620 году, через семьдесят лет после появления новых воздуходувок, некий Людвиг Праненшмидт, попытавшийся ввести ящичные мехи в Гарце, стал жертвой технического прогресса. Разъяренные кожевенники как-то вечером подстерегли и избили Праненшмидта, а мехи разрушили.

С появлением ящичных мехов была полностью решена проблема подаваемого в печь дутья. А это в свою очередь предопределило все последующее развитие металлургии. Новые мехи позволили поднять температуру горения угля до 1500 градусов и выше. Теперь уже в печи стали получать не только крицу, но и расплавленный металл. Печи были переведены на непрерывный режим работы. Вместо того чтобы каждые полсуток останавливать горение и вытаскивать готовый кусок металла, стали постоянно загружать печь сверху рудой и углем, а из нижней части (за ней осталось название "горн") периодически выпускать жидкий металл, чтобы он застывал отдельно. Так шахтная печь превратилась в доменную, главным отличием которой как раз и является непрерывность процесса плавки.

Первые домны давали не только жидкий металл, но и крицу, поскольку температура еще не достигла той точки, при которой все железо расплавлялось. Но тут-то и начались большие неприятности. Жидкий металл, получаемый из доменной печи, никуда не годился. Правда, он был очень твердый, но зато и хрупкий, как стекло. Удар молотком — и слиток разбивался вдребезги. Разумеется, отковать из него оружие, инструменты или любое другое изделие было невозможно. Воину, вздумавшему сразиться мечом из этого металла, после первого же удара пришлось бы продолжать бой на кулаках. Поэтому поначалу жидкий металл отправляли в брак вместе со шлаком. И получалось, что чем больше по объему печь, тем меньше она давала

хорошего кричного железа и тем больше никуда не годного хрупкого металла. Эта хрупкость (или низкая пластичность) означала, что выплавленное в домне железо было не чистым, а с немалой примесью углерода.

Такой сплав, содержащий более двух процентов углерода, называется чугуном.

Что же произошло? Не вдаваясь в излишние сложности химических реакций, можно нарисовать такую картину. В кричном горне нагретое железо, соприкасаясь с горящим углем, насыщалось углеродом. Пока температура в печи была невысокой и железо не расплавлялось до жидкого состояния, науглероживание происходило только по поверхности крицы, не проникая вглубь и не оказывая заметного влияния на свойства металла. А если такое влияние и было, то только в лучшую сторону: прочность металла росла гораздо быстрее, чем хрупкость. Другое дело, когда в печи стало образовываться жидкое железо. Теперь оно науглероживалось по всему объему и превращалось в чугун, к великому изумлению и негодованию мастеров.

Разумеется, первые доменщики не подозревали, что же именно происходит в печах. Все как будто бы было хорошо: увеличились размеры печей, возросло количество подаваемого воздуха. И вот вместо того, чтобы получить много хорошего железа, бог весть почему и откуда появился никому не нужный чугун. Какими только обидными прозвищами не награждали его разъяренные мастера! Самые распространенные из них — "свинья" и "гусь", то есть самые глупые животное и птица. Отголоски этого дошли и до наших дней. И сейчас еще отливки из доменного чугуна называют у нас чушками, а сам чугун — чушковым. И лишь гораздо позднее мастера открыли в чугуне одно ценное свойство, которое начали использовать, — прекрасные литейные качества. Чугун великолепно заполнял форму. Но чтобы рассказать об этом, нам придется вернуться к тому, с чего мы начали эту главу, — к пушкам.

Мы уже говорили, что суровые цеховые ограничения не давали мастерам возможности наладить массовое производство кованых железных орудий. А между тем пушки и мортиры становились важнейшим оружием эпохи. Их требовалось уже не единицы и десятки, а сотни и тысячи. Можно ли было найти выход из этого положения?

Выход был найден. Мастера вернулись к полузабытому способу изготовления металлических изделий — литью. Мы говорим "полузабытому", потому что еще раньше существовали маленькие мастерские, в которых из бронзы отливали очень ограниченное количество изделий — церковные колокола, посуду, некоторые предметы роскоши. Но вот понадобились в большом количестве пушки, и большинство мастеров начали срочно осваивать способы литья.

Первые литые пушки были из бронзы. Другого материала в то время просто не существовало: расплавленное железо, годное для заливки в формы, еще не получали, а чугун считали отходами производства. Отлитые из бронзы пушки даже сейчас способны поразить воображение. Это были уникальные изделия подлинных мастеров своего века. Так, в начале XV века для графа Эбергарда Вюртембергского была изготовлена бронзовая пушка, весящая около трех тонн.

При осаде Константинополя в 1452 году пушка, отлитая в Венгрии, бросала ядра весом в 400 килограммов. Ядра были... чугунные.

Наконец-то мастера нашли применение этому "свинскому" металлу! Пушечные ядра не требовали для своего изготовления особо прихотливого материала, и по принципу "с паршивой овцы хоть шерсти клок" их стали отливать из чугуна.

Примерно к тем же годам относятся и попытки отлить из чугуна уже не ядра, а орудийные стволы. Это было весьма рискованное предприятие. Ведь от орудийных литейщиков того времени требовалось не только профессиональное мастерство металлурга, но и умение стрелять из выплавленных пушек и мортир. Дело в том, что чугунные стволы частенько разрывались после первого же выстрела. Это было следствием многих причин: пороков отлитого металла, неправильного режима отливки, изменений литейной формы. Мастера зачастую не знали этих причин и, естественно, не могли их устранить. Тем не менее в те годы было введено суровое, но мудрое правило: первый выстрел из орудия делает изготовивший его мастер. Это служило некоторой гарантией безопасности для артиллеристов. Понятно, что при таком условии мастера-литейщики очень осторожно подходили к выбору нового материала для пушек. Поэтому сначала чугун при изготовлении пушек нашел лишь частичное примене-

ние — из него отливали только казенную часть. Стволы же либо выковывали из железа, либо отливали из бронзы.

Первые целиком чугунные пушки были отлиты в 1445 году в городе Зигене. Их было 30 штук, и все вместе они весили 7370 килограммов. Оказалось, что эти пушки отличались неплохими боевыми качествами. И вскоре производство чугунных орудий приобрело довольно широкий размах. Размеры отливаемых из чугуна стволов все увеличивались и увеличивались, пока не была отлита пушка, которая. . . вообще не могла стрелять. Речь идет о всемирно известной русской Царь-пушке, которую в 1586 году отлил на московском Пушечном дворе знаменитый литейщик Андрей Чохов. Орудие-гигант весит около 40 тонн. Ствол ее при калибре 89 сантиметров имеет в длину пять с половиной метров. Вся пушка украшена замысловатым орнаментом и художественно выполненными барельефами, среди которых находим и изображение русского царя.

Разумеется, Андрей Чохов с самого начала знал, что такая громадина стрелять не будет. Даже если предположить, что ствол не разнесет на куски огромное количество пороха, необходимое, чтобы вытолкнуть двухтонное ядро, пушку такого веса просто невозможно перетащить с одной позиции на другую. Да Чохов и не ставил перед собой такую цель. Его пушка — это символ русского могущества, возможностей русской промышленности. Если уж русские мастера способны создать такую громадину, то орудия меньших размеров они уж тем более сумеют сделать. Поэтому Царь-пушка и была выставлена в московском Кремле на обозрение иностранным дипломатам. И надо сказать, дипломаты отлично понимали этот "намек".

Опасность разрыва орудия как дамоклов меч висела над оружейниками, поэтому они занялись улучшением чугуна. Очень скоро стало ясно, что чугун, как и железо, тем лучше, чем меньше в нем посторонних примесей. Но из железа примеси можно

выбивать кузнечным молотом, а для чугуна такой способ не годился. Поэтому металл стали очищать путем вторичной переплавки в специальных горнах (сейчас этот процесс называют рафинированием). Посторонние примеси всплывали на поверхность жидкого чугуна в виде шлака, который сливали в сторону. Позднее чугун стали переплавлять дважды и трижды. И с каждым разом он делался все лучше. При этом не только улучшались его литейные качества, но и уменьшалась хрупкость, повышались механические свойства.

Отчего это происходило? Да оттого, что в процессе переплавки в чугуне выгорал углерод, и он все больше и больше подходил по своему химическому составу к железу. И когда это поняли, перед металлургами открылась принципиальная возможность передела чугуна в железо.

ОТ ЧУГУНА К ЖЕЛЕЗУ

В цеховой мастерской каждый работник был универсалом — сам ковал железо, точил, резал, пока не получалось готовое изделие. Производительность труда при этом была, понятно, крайне низкой. В старой игольной мастерской, например, один ремесленник выполнял ни много ни мало 92 операции — тянул проволоку вручную, выпрямлял ее молотком на наковальне, рубил зубилом, выпрямлял катком, затачивал на точильном камне, штамповал под молотком ушки и шлифовал их на круглом камне, пробивал дырки, закаливал, еще раз выпрямлял катком, опять закаливал, полировал несколько раз и т.д., и т.д. Работая целый день, один цеховой ремесленник мог сделать не более двадцати иголок.

Совсем по-иному пошло дело в капиталистической мануфактуре, при общественном разделении труда, когда каждый рабочий специализировался на выполнении только одной или всего нескольких операций, достигая в этом высокой степени мастерства и невиданной доселе производительности. Десять рабочих при мануфактурном способе производства изготавливали за день уже не двести иголок, а 48 тысяч.

В России первая мануфактура появилась в конце XV века. Это был московский Пушечный двор. К середине XVII века здесь ра-

ботало более 100 человек — плавильщики, пушечные и колокольные "литцы", паяльщики, кузнецы, плотники, изготавливавшие деревянные части орудий и т.д. Но даже и при таком разделении труда на отливку одной большой пушки уходило годполтора. Эта работа требовала большого искусства, особенно при изготовлении формы и литье металла.

Тогда же, в XVII веке, в России задымили чугуноплавильные, железоделательные и медеплавильные заводы. Первые металлургические предприятия (два доменных и два железоделательных завода) были построены в 1637 году в 12—15 километрах от Тулы. Через четверть века еще четыре таких же завода были сооружены в Каширском уезде на реке Скниге, притоке Оки, а еще через несколько лет доменные печи появились и на севере страны, в Олонецком крае. Получали на этих домнах по полторы тонны металла в сутки — исключительная производительность по тем временам. Была создана в России и специальная мануфактура для производства легкого огнестрельного и холодного оружия — московская Оружейная палата. Всего в XVII веке в России действовало около 30 мануфактур, принадлежавших царскому двору, крупным феодалам (князьям или боярам) и богатым купцам. В отличие от западных на русских мануфактурах работало очень мало вольнонаемных рабочих, а в основном трудились крепостные крестьяне и холопы.

По мере развития капиталистических производственных отношений возникла необходимость специализации и орудий труда, которые ранее применялись для многих целей. Для каждой рабочей операции необходим был свой инструмент. Каждый инструмент должен был отвечать по своему качеству определенным требованиям. Если это молотки, они должны наносить сотни тысяч ударов, не теряя собственной формы. Пилы, напильники, зубила должны резать, стачивать, рубить металл, сами при этом изнашиваясь очень медленно. Для изготовления таких инструментов требовался металл высокого качества, требовалась сталь. Эта проблема еще более обострилась, когда появились пароатмосферные машины, когда понадобился металл для изготовления паровых котлов. Кричное железо, из которого делались котлы, не выдерживало большого давления пара. Стоило кочегару не рассчитать, бросить в топку лишнюю лопату угля, и котел взрывался.

Поиски путей изготовления прочной стали в промышленных масштабах начали предприниматься сразу же после применения чугуна для отливки пушек. Именно тогда чугун для улучшения его свойств стали переплавлять в специальных горнах, очищая от примесей, — рафинировать. Так родился первый промышленный процесс получения стали из чугуна, названный фришеванием.

Чугун закладывали в горн, где он плавился и стекал на дно. При этом металл окислялся кислородом воздуха и отдавал часть углерода. Затем подачу топлива прекращали и чугуну давали застыть. Но как только он становился твердым, рабочие ломами отдирали его от кирпичного дна горна и на ломах же поднимали над фурмами (так называются отверстия для подачи в печь воздуха). Затем опять разводили огонь и расплавляли чугун вторично. И опять он отдавал часть углерода, делаясь менее хрупким, но более пластичным. Такие операции повторяли до тех пор, пока обезуглероженный чугун не превращался в простое мягкое железо. Тогда металл расплавляли в последний раз и смешивали с толченым древесным углем. Железо науглероживалось и превращалось в сталь.

Не будем говорить о страшной неэкономичности этого способа (заметим лишь, что для получения 150-килограммового слитка стали требовалось не менее 370—400 килограммов чугуна). Не будем говорить и о том, какой это был тяжелый труд (заметим лишь, что в течение нескольких часов фришевания трое или четверо рабочих непрерывно "шуровали" металл, поднимая его на ломах над фурмами и снова опуская в печь). Зададим вопрос, который напрашивается сам собой: зачем такой сложный обходной путь? Разве не проще было прекратить фришевание в тот момент, когда металл в печи потерял столько углерода, что уже перестал быть чугуном, но еще не превратился в железо? Конечно, это было бы проще. Но кто, какой самый искусный металлург знал в те времена, как происходит реакция окисления металла кислородом, как управлять этой реакцией? Да и протекала она весьма неравномерно из-за крайне несовершенной конструкции горна и отсутствия равномерного распределения тепловых потоков. Даже при полностью законченном процессе нередко бывало так, что получившийся слиток металла представлял собой частично железо, а частично еще не полностью обезуглероженный чугун. Вот и приходилось "для страховки"

переплавлять чугун до железа. Металлурги отлично понимали все недостатки фришевания и настойчиво вели поиски более совершенных методов изготовления стали.

Наконец, в 1613 году был разработан новый способ получения так называемой цементной или, как ее еще называли, томленой стали. Его одновременно предложили оружейники Пьер Гудрон и Джон ван Булль из бельгийского города Льежа, а также совершенно независимо от них два лондонских ремесленника Вильям Эллиот и Матиас Мейсей. Это были более чем своевременные предложения. Нужда в хорошем металле выросла к этому периоду в общегосударственную проблему, что со всей полнотой было засвидетельствовано английским королем Яковом I в патенте, выданном в 1617 году Вильяму Эллиоту. "В нашем государстве Англии, Ирландии и доминионах, — говорится в этом документе, — есть великая постоянная потребность в стали для изготовления доспехов и орудий. . . , а также для изготовления инструментов плотников, каменщиков и других ремесел, которые всюду употребляются в наших доминионах. . . Стали производится в наших доминионах слишком мало по сравнению с той массой, которая ежегодно требуется. Зная, что наши дорогие подданные вынуждены для вышеупомянутых нужд покупать сталь из-за моря, мы хотим, чтобы сталь производилась внутри нашего королевства. . .".

Бельгийские и английские мастера предложили процесс, прямо противоположный фришеванию, — не обезуглероживать чугун, а науглероживать кричное железо. По логике вещей этот способ был обречен на неудачу, поскольку являлся шагом назад. Ведь он требовал отказаться от высоких домен, выплавлявших чугун, и возвратиться к малопроизводительным кричным горнам. Однако история знает немало парадоксов, когда старая и, казалось бы, уже изжившая себя технология возрождалась, правда, уже на совершенно иной, прогрессивной основе, и это подчас поднимало промышленность на новую качественную ступень.

Правда, на этот раз качественной ступени не получилось. И бельгийские, и английские металлурги не сумели переосмыслить вековой опыт восточных мастеров. Поэтому и потерпели неудачу. Способ упрочнения железных изделий цементацией в принципе был не нов. Еще восточные мастера, выковав из железа

мечи, ножи, топоры, наконечники стрел и копий, клали их в железные ящики, наполненные угольным порошком. Ящики плотно закрывали крышками и на 10—12 часов ставили в печь. После такой операции изделия становились очень крепкими.

Нетрудно понять, что происходило в ящиках. Под действием тепла углерод проникал в наружные слои железа и соединялся с ним. Таким образом, на поверхности железного изделия образовывалась стальная "корочка". Чем больше времени ящики находились в печи, тем на большую глубину проникал углерод в железо, тем толще становилась "корочка". Цементацию широко применяли при изготовлении режущих и рубящих инструментов.

Бельгийские и английские металлурги предложили цементировать не готовые изделия, а только что выплавленное кричное железо. Крицу укладывали в большой железный ящик, засыпали толченым углем и при температуре в 1000 градусов прогревали (томили) в течение. . . недели. Кроме того, по примеру древних мастеров, в металл бросали различные "специи" — обрезки кожи,

кровяную соль, углекислый барий и тому подобное. Все эти вещества содержали в себе легирующие элементы. В результате углерод действительно "пронизывал" металл насквозь и в ящике оказывался слиток хорошей крепкой стали. Но можно представить себе, сколько топлива уходило на эту операцию! Изготовленный из такой стали инструмент не нуждался в частой заточке и новом науглероживании, как это происходило при одной поверхностной цементации, где стальной слой быстро стачивался в работе.

Однако предложенный способ цементации имел и серьезные недостатки, главным из которых было неравномерное науглероживание металла. Сказалось то же самое отсутствие средств контроля и незнание основных процессов, происходящих в металле, с которым столкнулись еще при фришевании чугуна. Цементная сталь зачастую оказывалась то слишком твердой снаружи и мягкой внутри, то, наоборот, мягкой сверху и твердой в середине. А из такой стали уже нельзя было сделать хороший инструмент. Кроме того, цементная сталь не годилась для литья: слишком вязкая, она плохо заполняла литейные формы. Поэтому металлурги и машиностроители, вынужденные пользоваться этой сталью, не переставали жаловаться на ее низкие механические свойства.

Положение не менялось до тех пор, пока в 1735 году шеффилдский часовой мастер Бенджамин Гентсман не придумал, как улучшить цементную сталь. Заняться вплотную металлургией ему пришлось после того, как он убедился, что тонкие часовые пружины, изготовленные из цементной стали, никуда не годятся. После пятилетних экспериментов часовщик сделал то, до чего более ста лет не могли додуматься специалисты-металлурги. Он заново переплавил сталь в герметически закупоренном тигле, добавил туда уголь и толченое стекло, которое играло здесь роль собирателя вредных примесей, то есть шлакообразователя. Сам того не ведая, Гентсман сделал простую вещь: расплавив и перемешав цементную сталь, он равномерно распределил в ней углерод, а это сразу улучшило свойства металла. Экспериментируя дальше, Гентсман убедился, что вводя в расплав кусочки графита, чугуна или железа, можно получить сталь разной твердости. Нам сегодня это вполне понятно: железо как бы "разбавляет" сталь, снижает общий процент углерода — металл делается мягче;

чугун, наоборот, увеличивает количество углерода — сталь становится тверже. Но ведь Гентсман-то и понятия не имел о металловедении (такой науки тогда просто еще не существовало). Как и его предшественники, он руководствовался все тем же методом проб и ошибок.

Впрочем иногда (очень редко!) пробы рождали открытия. Так было и на этот раз. Часовщик из Шеффилда опытным путем открыл возможность получать металл с заранее заданными механическими свойствами в зависимости от назначения тех изделий, которые собирались изготовлять. Это была большая победа металлургии.

Но Гентсман пошел еще дальше. Он задал естественный вопрос: так ли уж обязательно сначала цементировать железо, а затем расплавлять его и регулировать твердость, вводя соответствующие добавки? Не проще ли расплавить в тепле прямо кричное железо и потом, добавляя чугун, получать нужную твердость? Гентсман, как и никто в то время, не подозревал, что предлагает регулировать количество углерода, которое и определяет механические свойства стали. Он просто попробовал, и у него сразу все получилось. Удивительно везучий был человек: брел ощупью, абсолютно не зная сути происходящих в металле процессов, и каждый раз находил единственно правильное решение.

Но позвольте, спросите вы, а чем, собственно, способ Гентсмана отличается от фришевания? И тут, и там переплавляется уже полученный металл, только в одном случае от него отнимается углерод, а в другом, наоборот, вводится. Более того, ведь и после фришевания образующееся железо приходилось почти так же науглероживать. Почему же до этого не додумались Эллиот и другие? Ответа на этот вопрос нет. Вернее, есть стереотипный ответ, который история техники неоднократно дает на подобные вопросы: инерция мышления. Идя по стопам старых мастеров, Эллиот и его соратники не смогли перешагнуть через порог привычных представлений и не расплавили металл после цементирования. Эта же инерция мышления не позволила металлургам в течение более ста лет исправить ошибку Эллиота. Только Гентсман, часовщик далекий от металлургии и свободный от традиций, сумел выйти на правильный путь.

Это происходит сплошь и рядом и в наши дни. Лишь человек со свободным раскованным мышлением может изобрести что-

то новое, оригинальное. Недаром некоторые западные фирмы берут сейчас к себе на работу специалистов совсем из других областей. И, представьте, нередко это приводит к крупным открытиям.

Но вернемся к Гентсману. Свои опыты он держал в тщательном секрете. Однако слухи о том, что часовщик изобрел какую-то необыкновенную сталь, которая и куется отлично, и отливается великолепно, распространились по всему Шеффилду. Множество любопытных толпилось у плотно закрытых ворот мастерской, но неприветливый хозяин всех гнал прочь. И вот однажды в двери постучал нищий. Ну кому из уважающих себя людей хочется прослыть скрягой? Скрепя сердце, Гентсман впустил нищего в мастерскую, а сам пошел к висевшему на гвоздике сюртуку за медяками. Но. . . как раз в это время в тигле "поспевала" очередная порция стали, и Гентсман забыл обо всем. Опомнился он только под вечер, когда обнаружил, что нищий сидит в уголке и внимательно наблюдает за всеми его действиями.

— Как! Ты еще здесь? На, получи и проваливай!

Когда Гентсман обернулся, протягивая медяки, нищего и след простыл.

Это был один из первых зарегистрированных случаев промышленного шпионажа, ибо под лохмотьями нищего скрывался шеффилдский железозаводчик Самуэль Уоркнер.

Вскоре вслед за тем Гентсман окончательно бросил часовое ремесло и в 1740 году построил первый в мире сталелитейный завод, где изготовлял всевозможные стальные изделия и инструменты, отличающиеся особой прочностью. Правда, крупных изделий Гентсман делать не мог: его тигли давали очень небольшое количество стали, которого на крупные изделия просто не хватило бы. Но ведь можно было сделать очень просто: вылить в форму для отливки крупного изделия содержимое нескольких тиглей. Увы, до этого предприимчивый экспериментатор не додумался. Это сделали специалисты фирмы Круппа, которая значительно позднее купила патент Гентсмана.

Работы шеффилдского часовщика показали, что сталь может так же хорошо заполнять литейную форму, как и чугун. Это открывало перед машиностроителями огромные возможности. Дело было за малым: не хватало стали. Потребности развивающегося общества далеко опережали скромные возможности тогдашней металлургии. Поэтому из стали изготовляли только самые ответственные детали станков, машин, сооружений.

А из чего же делали неответственные детали? Сначала из. . . дерева. Материала, издавна известного и прекрасно освоенного. Из дерева изготовляли станины многих станков (например, ткацких), строительные сооружения, рельсы, мосты и т.п. Очевидно, что если подобные деревянные изделия еще годились в первый период развития техники, то в дальнейшем они только тормозили ее прогресс, поскольку были непрочны, громоздки, а главное, не позволяли создавать новые, рациональные формы изделий. Дело в том, что дерево гораздо более "консервативный" материал, чем металл. Возможности делать из дерева различные изделия сложной формы весьма ограничены. Вспомните обыкновенный водопроводный тройник с краном, который легко отливается из любого металла, и попробуйте представить, каких трудов стоило бы изготовить эту деталь из дерева. А ведь технике требовались гораздо более сложные детали.

Сначала дерево пытались заменить чугуном. Но одно дело отливать простейшие пушечные ядра и совсем другое — сложные изделия. Чтобы детали из хрупкого чугуна не разрушались под

нагрузкой, их изготавливали очень массивными, громоздкими, неудобными. Как и в случае с деревом, это ограничивало изобретательскую мысль, не позволяло придумывать для новых изделий наиболее подходящие и компактные формы. И тем не менее чугун приходилось применять. Первые металлические рельсы, проложенные взамен деревянных в 1767 году между копями и доменными печами английского города Коабрукделя, были отлиты из чугуна. По этим рельсам лошади везли тележки с рудой. В России отец и сын Черепановы, построив первый в мире паровоз, также пустили его по чугунным рельсам. В 1779 году в Англии через реку Северн был перекинут первый в мире металлический мост, составленный из чугунных ферм.

И все же не чугун, а именно сталь все более становилась ведущим материалом промышленности. В огромных количествах требовалась она для создания совершенных станков, машин, механизмов, приборов, деталей. Год от года возраставший дефицит стали существенным образом сдерживал технический прогресс. Проблема получения стали из чугуна выдвинулась как главная в развитии не только металлургии, но и всей цивилизации в целом.

В 1780 году двое коабрукдельских рабочих Томас и Джордж Кранеджи выдвинули идею создания новой печи для переплавки чугуна в сталь. Примерно в то же время с подобным предложением выступил мастер карронских заводов в Шотландии Петр Оньён. Для того чтобы ускорить процесс обезуглероживания чугуна и сделать его более равномерным, братья Кранеджи переконструировали фришевальный горн, придумав оригинальное устройство — перегородку, делящую горн на две части. Эта перегородка называется пламенным порогом. В одну половину горна загружали чугун, а во вторую — уголь, который затем поджигали. Пламя не касалось чугуна, лежавшего на своей половине в специальном углублении — ванне. Это выглядело примерно так, как если бы пытались нагреть кастрюлю с водой, ставя ее не на конфорку с газом, а рядом.

Однако братья Кранеджи применили в своей печи один "фокус": над ванной был возведен кирпичный свод сложного куполообразного очертания. Горячие газы из топочного пространства ударялись в этот свод, и тепло отражалось вниз, расплавляя чугун. Форма купола была подобрана такой, чтобы тепло равномерно распределялось над ванной. А для загрузки чугуна и выпуска готовой стали в стене горна было проделано специальное окно. И еще одно новшество применили изобретатели — дно ванны (иначе говоря, под печи) охлаждалось водой, циркулировавшей по специальным каналам в кирпичной кладке.

Новую печь назвали пудлинговой — от английского глагола to pudd, что означает "перемешивать". Это потому, что чугун в ванне необходимо было непрерывно перемешивать — только тогда углерод выгорал равномерно по всему объему. Перемешивать приходилось вручную с помощью особого крючкообразного шеста, получившего название клюшки. Пудлинговщик, стоя у открытой печи, из которой в лицо ему бил страшный жар, часами орудовал тяжеленной клюшкой. Для окисления чугуна в пудлинговой печи использовали не только кислород воздуха, но и жидкий шлак, образовывавшийся в процессе плавки (вещества, находившиеся в шлаке, очень интенсивно отнимали углерод). Поэтому перемешивать чугун надо было очень тщательно, чтобы вся масса его вступила во взаимодействие со шлаком. Между тем, по мере накопления шлака смесь начинала густеть, становиться тестообразной. Попробуйте ложкой помешать густое

тесто, и вы получите очень отдаленное представление о том, какое усилие приходилось затрачивать пудлинговщику для выполнения этой операции. А ведь в печи находилось 250—300, иногда и 500 килограммов металла.

Как это нередко бывает в капиталистическом мире, Томас и Джордж Кранеджи, потратившие свыше двадцати лет на создание пудлинговой печи, умерли в безвестности. А мнимая слава первооткрывателя досталась заводчику Генри Корту. За ним официально была признана привилегия на "особенный способ приготовлять, сваривать и обделывать разные сорта железа и обрабатывать их посредством машин и, кроме того, на печь и другие устройства, к тому же приспособленные". В феврале 1784 года Корту была выдана вторая привилегия — на "вытягивание в листы, сварку и выделку железа и стали в полосы, пластины, прутья и иным образом, лучшего качества, в больших количествах, посредством более успешного приспособления огня и машин и с получением большего количества металла, чем посредством какого-либо из способов, до того времени бывших в употреблении".

Правда, Корту не повезло. Для налаживания выпуска пудлингового железа он занял деньги у казначея военного министерства. В 1789 году казначей внезапно умер. И тотчас казна наложила руку на имущество покойного, так как было подозрение, что он растратил казенные деньги. От Корта потребовали немедленно вернуть ссуду. Все его имущество было продано с молотка и даже патент конфискован. Это позволило металлургам всего мира беспрепятственно совершенствовать пудлингование.

Несмотря на ряд недостатков нового способа получения стали, ему суждено было сыграть исключительную роль в мировой технике. Еще достаточно примитивная и крайне несовершенная пудлинговая печь тем не менее несла в себе все зачатки современных металлургических агрегатов — в ней металл химически взаимодействовал и со шлаками, и с огнеупорными материалами, которыми облицовываются стенки. Все последующие конструкции сталеплавильных печей вплоть до наших дней работают по этому принципу. Не говоря уже о том, что пудлингование позволило получать большое количество металла для развивающегося машиностроения, сама пудлинговая сталь явилась, если можно так выразиться, основой целого ряда усовершенствований и но-

вовведений как в металлургии, так и в машиностроении. Прежде всего огромную роль пудлинговый металл сыграл в конструкции первых паровых машин. Мы уже упоминали, что кричное железо не годилось для изготовления паровых котлов, работавших при высоких давлениях. Котлы из пудлинговой стали такие давления выдерживали, и паровые машины обрели будущее.

С этого момента цивилизация вступила в эпоху пара,в эпоху промышленного переворота. Паровая машина дала возможность человеку изготовить новые производительные станки и механизмы, построить более глубокие шахты, создать пароходы, паровозы и "самодвижущие тележки", как сначала называли первые автомобили на паровой тяге. Огромную роль паровая машина сыграла и в развитии металлургии, особенно доменного процесса, где она вызвала подлинную революцию. Но об этом мы поговорим чуть позднее. А сейчас отметим одну особенность, ставшую определяющей в железоделательном производстве.

Начало промышленного переворота, ознаменованное изобретением парового двигателя и пудлингования, явилось рубе-

жным этапом и для металлургии. Отныне прямое восстановление железа из руды было надолго забыто. В металлургии властно укрепился высокопроизводительный двойной передел: из руды — чугун, из чугуна — железо. С этого момента металлургия начала быстро обретать те самые, привычные нам формы, которые называют теперь классическими.

МЕТАЛЛ МЕНЯЕТ ФОРМУ

. . . Степка, пригибаясь, вышел из землянки, вырытой на склоне горы. Краешек солнца высунулся из распадка между двумя вершинами. Далеко внизу раскинулась река Белая, окаймленная заливными лугами. Богатейшая, благодатная земля. Но уже не раскидывает здесь юрты вольный башкир, не бьет зверя, не тянет сетями рыбу. В 1752 году два симбирских промышленника — Иван Борисов сын Твердышев да Иван Семенов сын Мясников, подпоив башкирского старшину, приобрели 300 тысяч десятин "лесов, гор и рек" за 300 рублей ассигнациями. А спустя 10 лет Белую перерезала дубовая плотина и рядом задымила первая домница.

Степка зачерпнул горсть воды из врытой в землю кадушки, плеснул в лицо и заторопился вниз по узкой тропинке, перекликаясь на ходу с другими работными. С натугой распахнул покосившуюся, забухшую дверь волочильной избы, и в ноздри ударил привычный тяжелый запах. Посреди избы загораживала и без того крохотное оконце врытая в земляной пол огромная чугунная доска, в которой пробито было множество отверстий — от крупного (кулак влезет) до совсем крохотного, не толще швейной иглы. За доской с закопченного потолка свешивались две веревки с деревянным сиденьем — качели. Подручный уже копошился в углу у горна, орудовал скрипучими мехами. Толстые, заостренные с одного конца железные бруски медленно наливались вишневым цветом. Степка натянул рукавицы, взял длинные тяжелые клещи, сел на качели.

Ох, нелегок труд волочильщика! С той стороны доски подручный просовывает в самое большое отверстие заостренный конец бруска. Волочильщик зажимает его клещами, упирается ногами в доску, отъезжает назад на качелях. Со скрипом тянется металл через отверстие, дрожит толстая чугунная доска, дрожат жилы

под коленями. Затем качели возвращаются в прежнее положение, брусок перехватывается клещами и следующая его часть проходит через "ушко". Ставший тоньше и длиннее брусок снова нагревают и протягивают через отверстие меньшего диаметра. И так раз за разом, пока на пол кольцами не ляжет проволока.

Солнце перевалило за гору, а Степка все тянул брусок за бруском, с трудом распрямляя трясущиеся от усталости ноги, еле удерживая клещи в онемевших руках. Отдохнуть бы, глотнуть свежего воздуха, да нельзя: управляющий увидит — запорет. Очередной брусок просунул в "ушко" раскаленный клюв, Степка наложил клещи, с усилием отъехал на качелях. И вдруг нога дрогнула, соскользнула с доски. Пытаясь удержать равновесие, волочильщик выронил клещи, взмахнул руками-и качели понесли его вперед, прямо на раскаленное острое жало. . .

Так тянули проволоку в Белорецке два века назад. Так много веков подряд тянули ее во всем мире. И это считалось в то время весьма прогрессивной технологией. Еще в IX–X веках проволока изготовлялась отковкой на наковальнях. Но таким способом много проволоки не сделаешь. Да и круглой ее считать можно было лишь относительно. Поэтому как только рыцари стали защищаться в бою кольчугой, появилось и волочение. Оно позволяло вырабатывать много проволоки хорошей, правильной формы.

Если вы попадете в музей, где демонстрируется старинное вооружение, то обязательно обратите внимание на кольчуги и кольчатые панцири. Их можно сравнить только с лучшими ювелирными изделиями. Кольчугу составляли из тысяч маленьких железных колец, каждое из которых надо было продеть в соседнее и заварить на сгибе. Для этого были изобретены специальные инструменты — плоскогубцы, круглогубцы, ювелирный пинцет и другие. Еще большие труд и терпение требовались при изготовлении кольчатых панцирей. Поэтому и стоили они чрезвычайно дорого. За один такой панцирь король Филипп II заплатил нюренбергскому мастеру Дезерию Кольману девять тысяч марок. Несколько деревень можно было купить за эти деньги.

Однако ручное волочение довольно скоро обнаружило свои недостатки. Оно было малопроизводительно, к тому же проволока часто рвалась, ибо вручную трудно достигнуть необходимой равномерности в протяжке. Так что применение водяного

Михаил Васильевич Ломоносов

1711 — 1765

Биография Ломоносова столь же необычна, сколь и диапазон его творческой деятельности. В 19 лет с берегов Белого моря пришел он пешком в Москву за знаниями, в 28 — он все еще студент, а в 33 — член Российской Академии наук.

Трудно представить себе и с достаточной полнотой определить значение Ломоносова в истории русской науки и культуры. Его необыкновенные способности и удивительная энциклопедичность знаний поражали даже современников. Пушкин назвал его "первым нашим университетом". В работах Ломоносова получили освещение вопросы, относящиеся почти ко всем отраслям современного ему естествознания, горного дела и металлургии, филологии, истории, литературы. Особое значение имеют его работы по физике и химии. В частности, Ломоносов обосновал закон сохранения вещества и движения.

В 1742 году Ломоносов начал исследования в области металлургии и горного дела. Он проводил анализы солей, руд и других пород. Написанная им работа "Первые основания металлургии или рудных дел" явилась замечательным пособием для многих поколений русских горняков и металлургов. В этом труде Ломоносов вскрыл сущность и изложил принципиальные основы методов, практически применяемых в горном деле и металлургии. И не только изложил, но и выдвинул целый ряд оригинальных предложений. Ломоносов придавал большое государственное значение производству в России металла, считал его основой экономического могущества и независимости страны.

колеса прямо-таки напрашивалось в проволочном производстве. Как, собственно, и во многих других отраслях металлургии, например в прокатке.

До XV века металлурги вообще не знали прокатного дела. "Универсальными" орудиями обработки металла были молот и наковальня. Листовой металл отковывали вручную, так же как и изделия любой другой формы. Этот способ имел два главных недостатка. Во-первых, он был малопроизводителен. Ну много ли можно отковать металла ручной кувалдой? А во-вторых, механические качества изделия были крайне неравномерны. Каждому ясно, что чем сильнее металл прокован, чем больше он "сжат" под ударами, тем изделие из него прочнее. Но ведь невозможно было потребовать, чтобы молотобоец наносил все время одинаковые удары. Какое-то время он бил сильно, затем начинал уставать и удары делались все слабее и слабее. Вот и получалось, что в одном месте изделие было прочнее, чем в другом. Кроме того, ручная ковка вообще не могла дать твердое железо. Никакой силач-кузнец не мог наносить такие удары, чтобы они достаточно плотно сжимали металл. Покуда люди отковывали небольшие металлические изделия — наконечники копий и стрел, мечи, шлемы — с этим еще можно было мириться. Но с появлением крупных поковок — цепи, якоря, полосовое железо — проблема механического молота приобрела первостепенное значение.

Примечательно, что идею механического молота впервые высказал замечательный механик древности Герон Александрийский. В своем сочинении "Об искусстве изготовлять автоматы" он описывает механизм, при помощи которого двигается рука марионетки, изображающей бога кузнечного искусства Гефеста. Однако в эпоху Герона такой механизм не получил технического применения, как и многие другие изобретения этого замечательного механика (например, паровая турбина).

Механические молоты появляются только в XIV веке. Их называли хвостовыми: это были обычные молоты с рукояткой, которая торчала, как хвост. Посредством рычажной передачи рукоятка соединялась с водяным колесом, так же как с ним соединялись воздуходувные мехи печей. Не нужно быть большим специалистом в технике, чтобы понять, насколько сложна и неудобна такая конструкция. Гораздо проще было сделать молот без рукоятки, с одним бойком, на манер современных. Но. . . сработала инерция мышления. Средневековые кузнецы пошли на усложнение конструкции, потому что не могли представить себе молота без рукоятки.

Для своего времени хвостовые молоты с водяным приводом были поистине эпохальным изобретением. Они произвели,

пожалуй, не меньшую революцию в обработке металла, чем водяное колесо в самой металлургии. Достаточно сказать, что, наряду с мощными воздуходувками, появление в металлургии механических молотов было обязательным условием широкого распространения большеобъемных и высокопроизводительных доменных печей. Ведь получаемые в них массовые куски кричного железа уже невозможно было проковывать вручную. Для получения металлического листа из крицы, скажем, весом всего в 30—35 килограммов молотобоец должен был напряженно работать 12—15 часов. А попробуйте-ка столько времени помахать огромной кувалдой! С появлением же механического молота для выполнения подобной работы уже не требовалось таких усилий, да и занимала она всего 4—6 часов, включая время на разогрев металла. Развивая большую ударную силу, молоты позволяли получать металл гораздо большей прочности, чем в ручной кузнице. Хвостовой молот, применявшийся для отковки полосового металла на одном из шведских заводов, имел боек весом около 80 килограммов и делал 120 ударов в минуту. Разумеется, никакому молотобойцу подобное было не под силу.

Но скоро стало очевидным, что и хвостовой молот не обеспечивает необходимой однородности механических свойств по всему объему некоторых изделий (например, поковок большой длины — полосового железа и т.п.). Ведь металлическую полосу под удар бойка рабочий подвигал вручную. И обязательно по какому-то месту молот бил больше, чем по другому. Значит, в этом месте металл был крепче. Требовалось найти принципиально новый способ механической обработки металла, который давал бы абсолютно одинаковое давление по всей плоскости изделия.

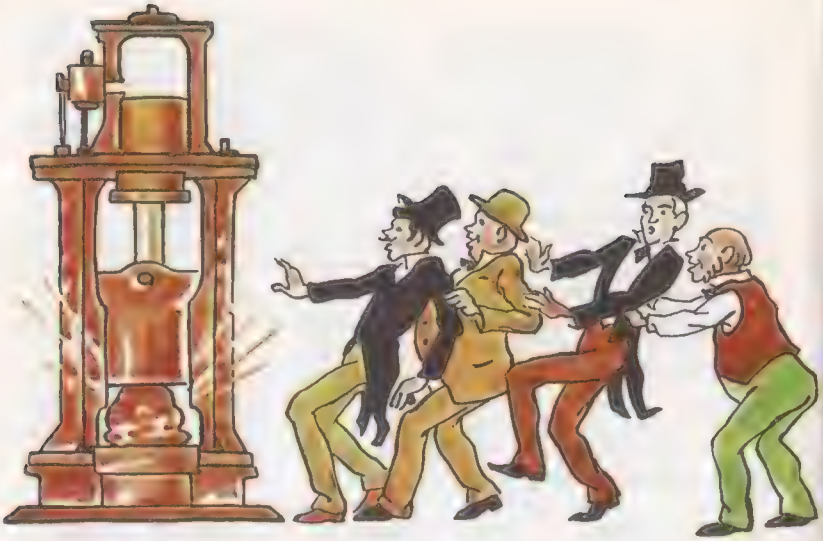
Вам, несомненно, приходилось видеть, как хозяйки круглой скалкой раскатывают ком теста на столе. Постепенно тесто делается все тоньше и тоньше, зато занимает все большую площадь. Теперь представьте, что вместо теста вы имеете дело с раскаленным металлом, а вместо скалки и поверхности стола у вас два круглых вращающихся валка. Металл пропускают между валками один раз, другой, третий. . . Все тоньше и тоньше становится металлическая полоса, все сильнее она вытягивается. И что самое главное, упрочняется равномерно по всей длине. Такой процесс обработки металла называется прокаткой. А два валка — это и есть прокатный стан.

История не донесла до нас имени изобретателя первого прокатного стана. Известно лишь, что агрегат такого назначения появился в Нюренберге и приводился в движение вручную. Поэтому и предназначался он сначала исключительно для мягких металлов, таких как цинк или свинец. Лишь два с лишним века спустя нашлись умельцы, соединившие прокатные валки с водяным колесом. Это произошло у нас в России, на одном из уральских заводов Демидова. Русские мастера создали значительно более совершенную, чем на Западе, конструкцию "давильного устройства", позволявшего получать листовое железо с равномерными механическими свойствами.

Однако и хвостовые молоты, и прокатные станы с приводом от водяного колеса были довольно маломощными механизмами. В условиях развивающейся крупной промышленности это заметным образом тормозило технический прогресс. В начале сороковых годов прошлого столетия в Англии сооружался первый железный трансокеанский пароход "Великобритания". При этом строители столкнулись с острейшей проблемой отсутствия достаточно прочного металла. "Я пришел к такому убеждению,— писал руководитель работ инженер Фрэнсис Гемфри изобретателю парового молота Джемсу Несмиту, — что во всей Англии невозможно найти достаточно сильного молота для выковывания гребного вала и других частей машин, нужных для "Великобритании". Как мне быть? Что вы мне посоветуете сделать? Быть может, отлить этот вал из чугуна?".

Первый мощный прокатный стан был применен уже упоминавшимся нами Кортом в начале XIX века и приводился в движение паровым двигателем. Стан имел гладкие валки и был предназначен для обжатия больших металлических болванок, из которых потом отковывали крупные детали. Затем этот агрегат приспособили и для раскатывания болванок в листовое железо. Преимущества его перед водяным молотом были очевидны: за то время, что молот отковывал одну тонну железа, стан прокатывал 15 тонн.

Очень скоро машиностроителям понадобился и так называемый профильный металл — длинная балка, квадрат, круг, уголок и особенно рельс. Но профильный металл гладкими валками не прокатаешь. Прокатный стан для изготовления рельсов сконструировал в 1828 году англичанин Беркиншау. В этом стане



валки имели канавки (калибры), вырезанные по форме будущего изделия. Попадая в них, металл обжимался и приобретал требуемую конфигурацию. Правда, стан Беркиншау был еще маломощный и мог катать рельсы только из мягкого железа.

Лишь через 37 лет; в 1865 году, появились прокатные станы, достаточно мощные, чтобы изготавливать профильные изделия из самой крепкой по тем временам стали. Конструкция их стремительно совершенствовалась. И если сначала станы были универсальными, то есть могли прокатывать детали любой конфигурации, то очень скоро появились специализированные агрегаты не только с двумя, но с тремя и с четырьмя валками для изготовления только определенных изделий. Не будем подробно говорить о них, так как это потребовало бы отдельной книги.

Но прокатанный металл — это чаще всего полупродукт. Из него надо еще отковать готовую деталь — те же гребные валы, шатуны, рычаги. Для этого нужен был мощный ударный механизм, действующий силой пара. Такой агрегат был сконструирован в 1837 году английским механиком Дж. Несмитом.

Молот работал по принципу паровой машины, только поршень, ходивший вверх и вниз в вертикальном цилиндре, поднимал и опускал боек. Такие молоты Несмита были установлены на французских заводах Шнейдера в городе Крезо. Они оказались весьма эффективными в работе и очень быстро завоевали мировое признание. В 1875 году первый паровой молот был построен в России на Пермском заводе.

Естественно было бы предположить, что с появлением новой техники старые машины и механизмы тут же снимаются с производства. Однако так бывает далеко не всегда. Иногда старая техника надолго переживает свое время. По этому поводу хочется рассказать один курьезный случай. Некогда мне пришлось побывать на Алапаевском металлургическом комбинате под Свердловском. По делам службы я выехал на Шайтанский завод, входящий в состав комбината. Когда-то "Шайтанка" принадлежала знаменитым заводчикам Демидовым. Еще и посейчас здесь многое напоминает о старых временах — большой заводской пруд, низкие здания цехов, из здоровенных, в три обхвата, бревен. Проходя по складу готовой продукции, я вдруг замер от удивления: в углу стояли два старинных молота. Из прочных деревянных станин по-гусиному вытягивались длинные и массивные, в два бревна, ручки, на каждую из которых был насажен здоровенный, как бочонок, деревянный же боек, окованный толстым железом.

— Несколько лет как сняли с производства, — пояснил сопровождавший меня директор завода, — нам как раз поставили прокатный стан. А до того так и плющили металл демидовскими молотами. Правда, вместо водяного привода поставили на них... электромоторы. Да, долго проработали старички, — вздохнул он, — зато какую продукцию давали!

До сих пор все старые дома в Шайтанке крыты железом, вышедшим из-под этих молотов. Двести и триста лет стоит это железо и не ржавеет. И не только в Шайтанке. Демидовское железо под маркой "Старый соболь" вывозилось почти во все страны Европы. Говорят, и сейчас покрыты им крыши Вестминстерского аббатства в Лондоне. Выплавленное из богатейшей железной руды на чистом, свободном от всяких примесей древесном угле русское железо в свое время не знало себе равных. Зато какой ценой оно доставалось! Тысячи крепостных, согнув-

Павел Петрович Аносов

1797 — 1851

В двадцать лет Аносов окончил с золотой медалью Горный кадетский корпус в Петербурге и в том же году поступил на Златоустовские казенные заводы, где прошел все ступени служебной лестницы — от практиканта до генерал-майора корпуса горных инженеров.

Аносов упорно работал над коренным усовершенствованием производства, вел геологические изыскания месторождений железных руд, золота и минералов в районе Златоуста. Масштабны и весьма глубоки по замыслу исследования, проведенные Аносовым с целью разработки новых способов получения стали. Эти исследования велись в течение десяти лет и завершились открытиями мирового значения. На базе этих открытий возникла и получила развитие металлургия качественных сталей. Многие из установленных Аносовым положений до сего времени составляют основу теории и технологии качественной металлургии.

Свои исследования по металлургии Аносов опубликовал в виде статей, а также книги "О булатах", появившейся в 1841 году и немедленно изданной за границей на немецком и французском языках. Этот труд сразу стал классическим и не потерял своего значения до сих пор. Проведя серию опытов по получению стали путем сплавления чугуна и железа в присутствии флюса с окалиной, Аносов положил начало скрап-рудному процессу, а затем разработал способ переплавки чугуна в сталь без добавки железа, на целых тридцать лет опередив таким образом Мартена.

Ценнейшим вкладом в науку и технику являются труды Аносова по металловедению и термической обработке. Он открыл зависимость свойств металла от его кристаллического строения. Эти работы имеют исключительную ценность для современной металлургии.

шись в три погибели, по пояс в воде, задыхаясь от недостатка воздуха, добывали руду в штольнях. Другие по двенадцать часов в день надрывались у домен, пудлинговых печей, плющильных молотов. . . Обо всем этом, о возникновении, расцвете и падении демидовской железоделательной империи рассказал писатель Евгений Федоров в своей книге "Каменный пояс", которую я очень рекомендую вам прочитать.

Конечно, демидовские плющильные молоты, дожившие почти до середины двадцатого века, — это курьез. Но этот факт очень хорошо показывает, как живуча старая техника, как неохотно и далеко не сразу уступает она дорогу новому. Вот и металла уже такого давно не выпускают, и все старые агрегаты снесли, а молоты все работали и работали среди могучей техники двадцатого века.

— Что вы намереваетесь с ними делать? — спросил я директора.

— Сломаем, конечно, — беспечно ответил он.

Я долго уговаривал директора не ломать старые заслуженные молоты, а отправить в Свердловский музей, разумеется, сняв электромоторы. В конце концов он обещал это сделать. Не знаю, выполнил ли он свое обещание. Если нет, то жалко. Это были бы прекрасные экспонаты для музея металлургии. Пока этого музея у нас нет. Но я уверен, когда-нибудь его обязательно создадут, ибо металлургия, ее история, ее достижения заслуживают такого внимания.

ПЕРЕЛОМНЫЙ ЭТАП

А теперь нам необходимо вернуться на много-много лет назад, чтобы не пропустить еще один очень важный и даже переломный этап в истории металлургии — этап, после которого она приняла уже современный вид.

Вернемся в Англию конца XVI века. Передовой стране того времени оставалось более ста лет до промышленного переворота — эпохи бурной механизации производства. Но уже все больше и больше станков появлялось под крышами мануфактур. А кроме них, на стапелях, как грибы, вырастали корпуса кораблей. Островная держава становилась владычицей морей. Кораблям требовались якоря, цепи, блоки, Чтобы произвести погруз-

ку товаров, в портах строились подъемные краны. На все это нужен был металл, много металла.

И вот именно в этот период доменное производство в стране стало. . . резко сокращаться. Катастрофически быстро уменьшалось число действующих печей. Что же вызвало такой упадок английской металлургии? Причина, на первый взгляд, кажется парадоксальной — древесный уголь.

Несмотря на свои неоспоримые достоинства, древесный уголь имел один очень серьезный недостаток — был слишком непрочный. Он раскалывался даже под легким ударом молота. А между тем по мере роста доменных печей, по мере увеличения их объема возрастала и собственная тяжесть засыпаемых туда шихтовых материалов — руды и угля. Вес шихты достигал уже нескольких тонн. И древесный уголь, особенно в нижних слоях печи, не выдерживал, крошился. Угольная пыль плотно забивала пространство между кусками руды, препятствовала прохождению продуктов сгорания. Никакая, даже самая мощная воздуходувка не могла пробить такую "пробку". В результате температура в печи падала, ход плавки резко замедлялся, а иногда прекращался совсем. Вот эта хрупкость древесного угля и остановила рост домен.

Было и еще одно не менее важное обстоятельство, обусловившее резкое снижение доменного производства в Англии. И оно тоже было связано с древесным углем. Дело в том, что для его изготовления требовалось огромное количество леса. Бурное развитие чугунолитейного дела в ряде стран, и особенно в Англии, повсеместно сопровождалось истреблением лесных богатств. Леса уже не хватало не только на строительство домов и кораблей, но даже на отопление жилищ. В Англии истребление деревьев приняло характер настоящего бедствия. Легендарному Робин Гуду, живи он в то время, негде было бы скрываться от королевских шерифов — на месте знаменитого Шервудского леса торчали одни пеньки.

Займемся несложной арифметикой. В XV—XVI веках для выделки одной тонны железа в брусках приходилось сжигать 16, а для тонны полосового железа 28 погонных метров строевого леса. Но железо изготовляли уже не тоннами и не десятками тонн, а тысячами и десятками тысяч. Где уж тут напастись деревьев. И постепенно многочисленными государственными ука-

зами рубка леса для производства железа была запрещена почти на всей территории Англии. В 1558 году издается указ королевы Елизаветы, запрещающий в стране использовать лес для производства угля. В 1584 году издается другой государственный указ, запрещающий выплавку железа в графствах Сюррей, Суссекс, Кент и других. Целый ряд последующих указов и постановлений распространяет это запрещение почти на все остальные районы. Англия оказалась вынужденной ввозить железо из России, Швеции, Испании и других стран.

На континенте ограниченность запасов древесного топлива сказалась несколько позже, но постепенно и все другие европейские страны вынуждены были принять меры по охране лесов. Исключение составляла Россия с ее огромными лесными богат-

ствами. Но даже нашей стране варварское истребление лесов для углежжения приносило неисчислимый урон. Не случайно поэтому в 1754 году в России был издан указ, запрещающий строительство железоделательных заводов вокруг Москвы в радиусе 200 верст. Этот очень своевременный декрет спас от уничтожения прекрасные подмосковные рощи.

Создавшееся кризисное положение в металлургии заставило искать другой вид топлива. Да, собственно, его и искать не приходилось, буквально под ногами было замечательное топливо — каменный уголь.

Каменный уголь крепче древесного и при горении дает больше тепла. Казалось бы, чего проще: бери и загружай в домну. Не тут-то было! В то время как древесный уголь не содержит никаких вредных примесей, в каменном таятся самые страшные "враги" железа — сера и фосфор. После плавки на каменном угле все вредные вещества переходят из него в металл. Сера придает металлу красноломкость, то есть хрупкость в нагретом состоянии. А фосфор, наоборот, хладноломкость — хрупкость в холодном виде. Разумеется, и то, и другое железо в производстве не годится. Из такого железа не то что ответственную деталь — никакую делать нельзя. Так что,имея под ногами огромные залежи топлива, металлурги были в положении лисицы из известной басни: видит око, да зуб неймет. Разумеется, выход был: научиться до загрузки в доменную печь очищать каменный уголь от примесей. Эта работа затянулась более чем на сотню лет.

Неудачных попыток было слишком много. Любопытно, что в основе большинства из них лежало. . . пиво. Да, да! Знаменитый английский эль, национальный напиток жителей Британских островов. Производили его с помощью каменного угля, который предварительно складывали в большие кучи, поджигали и заставляли обуглиться при недостатке воздуха. Точно так же, как изготавливали и древесный уголь. Получающийся после отжига каменного угля продукт отличался высокой прочностью, давал при горении высокую температуру и являлся прекрасным фильтрующим материалом, что было очень важно для пивоварения.

Для получения доменного кокса (продукта, образующегося после отжига каменного угля без доступа воздуха) необходимы, во-первых, не какие угодно, а вполне определенные сорта угля.

так называемые коксующиеся угли. Во-вторых, сухую перегонку (отжиг без доступа воздуха) необходимо проводить не в кучах, а в закрытых тиглях. В них легче отделяются от угля так называемые летучие вещества — газы и смолы. В доменную шихту, кроме руды и кокса, следует также добавлять известь и некоторые другие вещества (чтобы все примеси в виде шлака всплывали на поверхность и удалялись, а оставшийся чугун был достаточно чистым для переработки в сталь). Эти добавляемые к шихте шлакообразующие вещества называются флюсами.

Получение доменного топлива из каменного угля оказалось задачей со многими неизвестными. Так случилось, что решать ее пришлось дважды.

В 1619 году англичанин Дод Додлей получил королевский патент, который свидетельствовал, что владелец его "открыл после долгих трудов и многих дорогостоящих опытов секрет, способ и средства выплавки железной руды и производства из нее чугунного литья или брусков путем применения каменного угля в печах с раздувательными мехами, причем результаты получились такого же хорошего качества, как и те, что до сих пор производились при помощи древесного угля, — изобретение, еще никем до сих пор не совершенное в нашем английском королевстве . . .". Есть серьезные основания полагать, что Додлей вел плавку на коксе, секрет производства которого на протяжении долгой, изобиловавшей драматическими событиями жизни он не открыл никому и унес с собой в могилу.

Тайна Додлея была раскрыта только через 116 лет. Это сделал другой англичанин, железозаводчик Авраам Дерби. После настойчивых поисков и экспериментов он в 1735 году вторично разгадал секрет получения кокса. Этому предшествовали многомесячные испытания с различными марками углей и с различной степенью их нагрева. Последний опыт продолжался шесть суток. И ровно столько же времени Дерби ни на шаг не отходил от печи. Зато, получив, наконец, прекрасный кокс, заснул тут же, прямо на рабочем месте, да так крепко, что рабочие уже спящего отнесли его домой.

Кокс открыл широкие возможности совершенствования конструкции доменных печей, увеличения их производительности. Но что же собой представляла доменная печь, работающая на коксе? Это было высокое (до 25 метров) сооружение слож-

ного внутреннего сечения. В ранний, дококсовый период доменные печи сооружали из камня. Считалось, что толстый слой каменной кладки намного уменьшает потери внутреннего тепла. Камень, мол, не пропустит тепло наружу, "вернет" его внутрь печи, и расплавление руды пойдет быстрее. Но построить такой каменный кожух, точно выдерживая все внутренние изгибы, было очень трудно. И вот в середине XIX века вместо камня появился клепаный железный корпус, облицованный изнутри огнеупорным кирпичом. Он так же хорошо держал тепло, а построить его было гораздо легче.

Как работает доменная печь? В верхнюю ее часть непрерывно подают шихтовые материалы. Подают порциями, состоящими из слоя кокса, слоя руды и слоя флюсов. Одна такая порция из кокса, руды и флюса называется колошей. Как родилось такое чудно́е название, сейчас уже, пожалуй, установить невозможно. А от него появилось другое, не менее чудно́е производное: верхнюю часть домны назвали колошником. Очередная порция шихты падает на другие, ранее загруженные, и вместе с ними потихоньку опускается вниз. По пути она нагревается идущими вверх газами и продуктами сгорания кокса.

Самое горячее место домны — распар. Здесь руда начинает плавиться и капли чугуна стекают в горн. Сильно сведенные на конус заплечики держат всю массу шихты, не давая ей провалиться.

В верхней части горна устроены специальные отверстия для подачи воздуха. В них вставлены трубки — фурмы, по которым идет воздушный поток от воздуходувок. Фурмы имеют сложное строение и охлаждаются протекающей по внутренним каналам водой, иначе при огромной температуре в печи они моментально сгорят. А зачем нужно водяное охлаждение? Разве воздух, который проходит через фурмы, не охлаждает их? В том-то и дело, что нет. Прежде чем попасть в домну, воздух предварительно раскаляется в специальных аппаратах.

К середине XIX века люди научились учитывать тепло, скрупулезно определять, сколько калорий требуется для получения тонны чугуна. Чем меньше калорий, тем меньше нужно кокса, тем дешевле чугун. Поэтому были проанализированы буквально все стадии доменного процесса. И вот оказалось, что холодный воздух, подаваемый в домны, охлаждает руду, увеличивает время плавки. Значит, надо его предварительно подогревать. Но чем? Ответ пришел быстро: газами, которые выходят из колошника домны и пропадают бесполезно. А они горючие. Надо их собирать, поджигать и греть ими воздух. Но в каком аппарате это делать? Эти аппараты были изготовлены англичанином Каупером в 1857 году и названы по имени изобретателя.

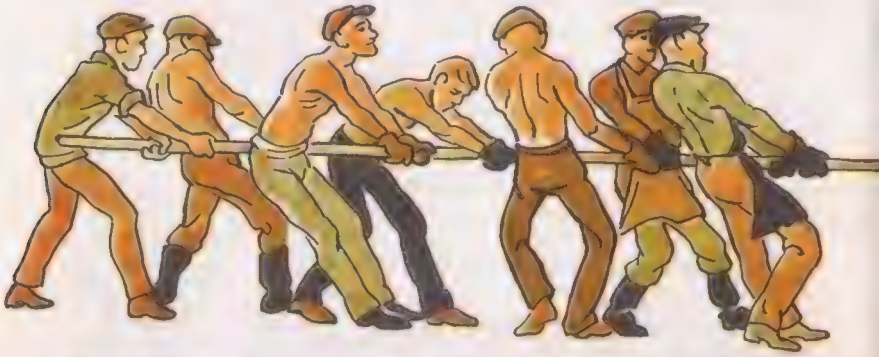
В общих чертах аппараты Каупера сохранились до наших дней. Они состоят из металлического кожуха, напоминающего цистерну, поставленную "на попа", и буквально набиты огнеупорным кирпичом. Кирпичи сложены так, что образуют между собой большое количество каналов. В кауперы отводят колошниковые газы. Они горят сильным пламенем и раскаляют кирпичную кладку. А потом через раскаленный каупер проходит воздушный поток перед подачей в домну. Обычно доменные печи имеют три-четыре каупера. Пока воздух проходит через один из них, остальные нагреваются колошниковыми газами.

Постепенно в горне доменной печи скапливается готовый чугун. Тогда сначала выпускают плавающий на его поверхности шлак. Для этого в домне есть отверстие — летка, которое на время плавки забивают глиной. Доменщики (их называют горновыми) пробивают ломом глину, и шлак по специальному каналу сливается в шлаковый ковш. Затем наступает очередь чугуна. Чугунная летка, также забитая глиной, расположена

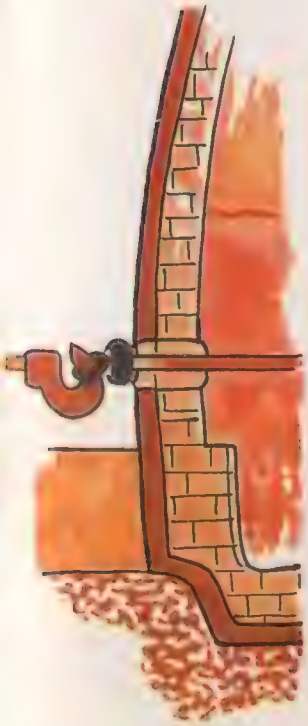
ниже шлаковой. Ее вскрывают, и чугун по другому желобу тугой багровой струей устремляется к своему ковшу.

Кокс победной поступью вошел в металлургию, но. . . на первых порах производительность домен даже упала по сравнению с той, какая у них была при работе на древесном угле. Оказалось, что коксу не хватает. . . воздуха. Он может хорошо гореть и давать очень высокую температуру только при мощном воздушном дутье. А такого количества воздуха мехи, работающие от водяного колеса, дать не могли. Это стало под силу только паровой машине.

Переход на минеральное топливо позволил существенно увеличить мощность доменной печи. Но как только домны стали



давать больше чугуна, так тут же пудлинговые печи, переделывающие чугун в сталь, перестали справляться с возросшей нагрузкой. И опять металлургия стала в тупик: для повышения количества стали требовалось вместо пудлингования найти новый, более эффективный метод передела чугуна. Экономическая потребность в таком методе оказалась настолько большой, что некоторые государства назначили особые субсидии и премии изобретателям, выдвигавшим новые предложения. "Соискателей" было хоть отбавляй, но все их предложения оказывались либо неэкономичными, либо несостоятельными по техническим причинам. Лишь в 1856 году этот вопрос был блестяще разрешен англичанином Генри Бессемером.



Замечательно то, что Бессемер поначалу не был металлургом и даже имел об этом деле весьма смутное представление. Это, конечно, сильно затрудняло его работу, но, с другой стороны, он, подобно часовщику Гентсману, не находился под влиянием традиционных взглядов и рутинных приемов "официальной "металлургии той эпохи. Бессемер был инженером, владельцем завода и хорошим изобретателем. Одним из его изобретений был артиллерийский снаряд особой конструкции. Для производства этого снаряда потребовалась литейная сталь, получаемая быстрым способом. Такого способа в то время не было, и Бессемер решил изобрести его сам. Он решил продувать жидкий чугун в тигле сильной воздушной струей, рассчитывая, что углерод будет соединяться с кислородом воздуха, уходить из металла и таким образом чугун превратится в сталь. Современная ему наука отрицала такую возможность, считая, что поток воздуха будет лишь охлаждать чугун.

Первые опыты прошли блестяще. Но дальше пошло непонятное. В одном и том же тигле при одинаковом потоке воздуха получалась то прекрасная сталь, то безнадежный брак. Лишь с помощью шведского металлурга Геренсена после многочисленных исследований удалось выяснить, в чем дело. При продувке жидкого чугуна воздухом главным "горючим" являлся вовсе не углерод, а примеси кремния и марганца. Именно они, соединяясь с кислородом, еще более разогревали чугун и давали возможность выгорать углероду. Поэтому, когда Бессемер брал для

своих опытов чугун, полученный из руд, богатых кремнием и марганцем, все шло хорошо. Когда же использовался чугун из других руд, результаты оказывались отрицательными.

Интересно, что, взяв патент на специальный агрегат для выплавки стали по новому методу, Бессемер ценил это изобретение гораздо ниже, чем другие свои работы — гидравлический пресс и гидравлические ножницы для резки металла. Лишь позднее, когда новый способ распространился по всему миру, изобретатель понял всю значимость сделанного им.

Тигель, или как его стали называть позже конвертер Бессемера, прошел несколько стадий, прежде чем воплотился в наиболее совершенную конструкцию. Современный конвертер представляет собой "грушу" из толстого листового железа, выложенную внутри огнеупорным кирпичом. Агрегат может поворачиваться вокруг горизонтальной оси. Перед началом процесса конвертер ставят в вертикальное положение и через горловину заливают жидкий чугун. Затем снизу, через фурмы, начинают подавать воздух. Спустя 20—25 минут (в современных больших конвертерах 40—50 минут) процесс заканчивается, конвертер наклоняют и готовую сталь через ту же горловину выливают в ковш.

Вдумайтесь в эти цифры — 20—25 минут. Это значит, что даже маленький конвертер может за сутки дать больше металла, чем десять самых больших пудлинговых печей. И это очень хороший металл. А главное, бессемеровская сталь отлично заполняет литейные формы, она может применяться и для отливки, и для прокатки изделий. Так одновременно был решен вопрос и количества, и качества.

Разумеется, конвертер немыслим без мощной паровой машины, приводящей в движение воздуходувки. Он требует, пожалуй, даже большего потока воздуха, чем домна. В работающем конвертере бушует настоящий ураган. Воздушные струи, пронизывая весь объем чугуна, заставляют его бурлить и биться о стенки. Агрегат ревет, как разъяренный слон, а из горловины вылетает фонтан огненных искр. Находиться в это время поблизости невозможно: оглохнешь, да и искры могут обжечь. Поэтому рабочие держатся в отдалении.

Успехи бессемерования были еще более блестящи, чем в свое время пудлингования. Достаточно сказать, что с введением кон-

Генри Бессемер

1813 — 1898

Творческие интересы знаменитого английского изобретателя Бессемера были очень разнообразны. Он получил более сотни патентов на различные усовершенствования: игольчатый штамп для марок, словолитную машину, машину для изготовления бронзового порошка, машину для прессования сахарного тростника, центробежный насос и др. В 1854 году Бессемер предложил усовершенствованный тяжелый артиллерийский снаряд и в связи с этим взялся за отыскание более скорого и дешевого, чем известные в то время, способа получения литой стали для изготовления орудийных стволов. Через два года Бессемер берет патент на специальный конвертер для продувки чугуна воздухом без расхода горючего. Не будучи металлургом и не располагая необходимыми теоретическими познаниями, Бессемер не разбирался в характере химических реакций, лежащих в основе нового способа получения стали. Неясно было Бессемеру значение чистоты продуваемых чугунов по сере и фосфору, а также необходимость удаления кислорода из стали после продувки.

Будучи владельцем завода, Бессемер был сыном своего века и своего класса. В целях наживы он патентовал каждое, даже незначительное усовершенствование и упорно отстаивал свои авторские права на ряде судебных процессов, возбужденных против него другими изобретателями. Когда скончался английский металлург Р.Мюшетт, много помогавший Бессемеру своими советами, тот отказался выплатить какое-либо пособие его вдове.

Бессемер никогда не смог бы разработать свой процесс до стадии его промышленного внедрения, если бы не помощь шведского металлурга Геренсена, отлично владевшего теорией. Только после теоретических обоснований Геренсена бессемеровский конвертер начал победное шествие по свету.

КОНВЕРТЕР БЕССЕМЕРА

вертера в Англии, Франции, Швеции, Германии и большинстве других европейских стран цена на сталь упала вчетверо. Англия, например, за один только 1877 год сэкономила на этом более 30 миллионов фунтов стерлингов.

В России развитие бессемеровского процесса шло медленнее по целому ряду причин. Важнейшими из них были косность и неповоротливость царских чиновников, не желавших думать об экономическом потенциале страны, боявшихся взять на себя ответственность и поэтому не выделявших необходимых средств. Первые конвертеры в России появились лишь в 1872 году, когда на Обуховском заводе, а позднее на Нижне-Салдинском было организовано получение литейной стали.

Бессемеровский конвертер залил мир потоками дешевого и хорошего металла. Проблема получения простой литейной углеродистой стали была решена. Однако конвертер не мог дать качественного металла, обладающего повышенными механически-

ми свойствами. Чугун и воздух — вот все, чем мог "оперировать" конвертер. Для качественной стали этого мало. А ее нужно было все больше и больше — для бандажей, стрелок, крестовин и других очень прочных изделий, требовавшихся развивающемуся транспорту и многим другим отраслям промышленности. Делать их было не из чего, кроме как из обычной стали, которую вырабатывали в конвертерах. В период с 1840 по 1880 год в Англии и Германии неимоверно участились железнодорожные катастрофы в результате поломки осей паровозов, рессор и других деталей, выполненных из простой углеродистой стали. Из такого же металла в 1857 году немецкая фирма Круппа была вынуждена изготовить броню для панцирных фрегатов. Единственно, что могли сделать немецкие металлурги, — приготовить очень чистую сталь, освободив ее от вся..их примесей.

Вместе с тем перед металлургами того времени возникла еще одна серьезная проблема. Бессемеровский конвертер в его изначальном варианте мог работать только на чугуне, ни одного грамма металлолома загружать в него было нельзя. А что же делать со старыми, отслужившими свое металлическими изделиями? Куда девать треснувшие балки, покоробившиеся фермы, съеденные коррозией суда? Ведь переплавь все это в печи — и получишь отличный металл, причем более дешевый, чем из чугуна. Но где она, такая печь?

Итак, на повестке дня стояло две задачи — научиться получать качественную сталь и перерабатывать металлические отходы, которые росли с катастрофической быстротой. Обе эти задачи блестяще решил французский инженер Пьер Мартен.

Поначалу сам он думал, что решает только одну задачу — вторую. В 1865 году на заводе своего отца он сконструировал печь, в которой сталь получалась непосредственным сплавлением чугуна со старым пудлинговым железом. При этом Мартен справедливо предполагал, что, соблюдая определенные пропорции между содержанием углерода в стали и чугуне, можно будет получать металл любого состава и заранее заданных механических свойств. Идея не новая: ее, как мы помним, осуществил еще Гентсман. Однако у печи Мартена была одна особенность, которая и позволила этому агрегату занять выдающееся место в металлургии: мартеновская печь отапливалась не каменным углем, а регенераторными газами.

Люди старшего поколения помнят трудные годы Великой Отечественной войны. Тогда в тылу не хватало бензина и по дорогам ездили грузовики с двумя неуклюжими вертикальными котлами по бокам кабины, а в кузове лежал запас "топлива" — деревянные чурки. Эти котлы и были газогенераторами. Образование газа в них происходило при горении древесины с недостаточным количеством воздуха. Вам это ничего не напоминает? Ну, конечно: изготовление древесного угля. Только раньше горючие газы просто выбрасывали в атмосферу, а в дело шел уголь. В газогенераторе же, наоборот, основным продуктом процесса являются газы, а побочным — уголь. При сжигании каменного угля или торфа в газогенераторах образуются такие же горючие газы. Но. . . Они позволяют получать более высокую температуру, чем при горении древесного угля. А главное, очень упрощают технологический процесс. Теперь не нужно снабжать печь топкой, кидать лопатами уголь, выгребать золу. Вместо этого — открывай вентиль и поджигай струю газа.

Мартеновская печь относится к тому же типу отражательных печей, что и пудлинговая. Пламя в ней не касается непосредственно металла, а ударяется в сферический свод, тепло от кото-

рого и отражается вниз. Под (или подина) печи представляет собой углубление — ванну, выложенную огнеупорным кирпичом. В нее загружают металлический лом, заливают жидкий чугун, потом пускают газ и поджигают его. Постепенно металлолом расплавляется и перемешивается с чугуном. В ванну добавляют известь и другие флюсы, чтобы посторонние примеси, ухудшающие качество металла, легче всплывали и держались на поверхности. Этот шлак затем сливают (или, как говорят сталевары, скачивают) отдельно от металла.

Одна плавка в старых мартеновских печах продолжалась 10—12 часов. Долго, скажете вы. С конвертером и не сравнить. Разумеется, долго. Зато к конвертеру во время плавки не подойдешь, не вмешаешься в ход процесса. А мартеновцы имеют такую возможность. За время плавки они особой металлической "ложкой" несколько раз берут из ванны пробу металла и определяют, какие компоненты нужно добавить, насколько увеличить или уменьшить температуру, чтобы поскорее выгорели или ушли в шлак вредные примеси.

Мы упомянули о добавке компонентов. Это бесценное преимущество мартеновской печи, которое позволяет получать сталь высокого качества. Как вы помните, еще древние мастера бросали в жидкий металл травы, цветы и листья, содержащие марганец, хром, ванадий, молибден, то есть легирующие вещества, придающие стали особые свойства. Теперь на мартеновской печи металлурги получили возможность добавлять в жидкий металл легирующие вещества уже в чистом виде.

Итак, к концу XIX века уже определилось современное лицо металлургии. В домнах из железной руды выплавляли чугун, который затем в конвертерах или мартеновских печах переплавляли в сталь. Таким образом, получался двойной передел: из руды — чугун, из чугуна — сталь. Процесс высокопроизводительный и достаточно экономичный, хотя и имеющий серьезные недостатки. Но в то время достоинства двойного передела были гораздо крупнее его недостатков. Недаром этот способ распространился по всему миру и стал классическим. Недостатки двойного передела выявились значительно позднее, на иной, более высокой ступени технического развития. В современном, сегодняшнем виде двойной передел полностью выполнил свою задачу — дал человечеству огромное количество сталей самого разнообразно-

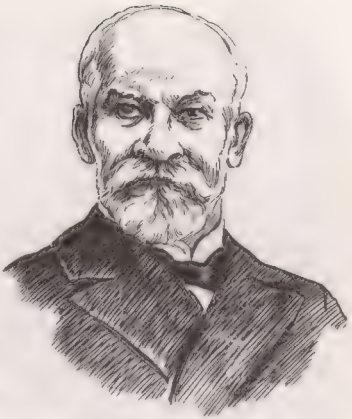
го назначения. Без этого была бы невозможна научно-техническая революция, свидетелями и участниками которой мы являемся и которой обязаны поистине фантастическими свершениями.

ГАЗ И УГОЛЬ — КТО КОГО?

Это началось еще в последней четверти девятнадцатого столетия, в тот самый период, когда двухступенчатый передел в металлургии окончательно оформился и повсеместно утвердился. Земной шар покрывался густой сетью железных дорог. Днем и ночью мчались по ним паровозы, все более и более мощные, и тянули за собой составы, все более и более длинные. Океанскую гладь бороздили железные пароходы. В их гулком чреве старательно пыхтели паровые машины, вращая огромные гребные колеса. А по тряским булыжным улицам европейских столиц уже громыхали неуклюжие паровые фургоны и первые экипажи с двигателями внутреннего сгорания, удивительно напоминающие извозчичью пролетку. Более того, уже делали первые робкие попытки оторваться от земли летательные аппараты тяжелее воздуха.

Казалось, с техническими проблемами человечество покончило. В самом деле, континенты были связаны между собой телеграфными кабелями, что обеспечивало мир быстрой передачей информации; транспорт исправно перевозил пассажиров и грузы на суше и на море; паровые машины давали достаточное количество энергии, чтобы приводить в действие заводские и фабричные станки. Механизация, транспорт, связь — этих "компонентов" достаточно, чтобы цивилизация могла считать себя высокоразвитой.

В ногу с техническим прогрессом шли и металлурги. Они не только отработали безотказный технологический процесс получения металла, но и распознали многое из того, что происходило в домнах, конвертерах, мартенах. Конечно, распознали не все, а лишь самое основное, самое необходимое, но это уже давало возможность не брести ощупью в темноте, надеясь на счастливый случай, а наперед прогнозировать пути получения сталей с теми или иными свойствами. Особенно после работ замечательных русских ученых Павла Петровича Аносова и Дмитрия Константиновича Чернова, которые раскрыли многие тайны



Дмитрий Константинович Чернов

1839 – 1921

Девятнадцати лет Чернов окончил Петербургский технологический институт и вскоре по приглашению замечательного русского металлурга П.М. Обухова начал работать на сталелитейном заводе под Петербургом инженером молотового цеха. В 1899 году Чернов вступил в должность профессора металлургии Михайловской артиллерийской академии, где и работал почти до самой смерти.

Большое научное и практическое значение имело сделанное Черновым открытие критических точек нагревания, при которых происходят внутренние превращения стали. Черновым теоретически обоснован и экспериментально подтвержден вывод о том, что решающую роль в формировании структуры и получении требуемых свойств стали играет термическая обработка, а не ковка, как считалось ранее. Процесс термической обработки орудийных стволов, внедренный Черновым в практику артиллерийского производства, сыграл большую роль в деле снабжения русской артиллерии надежными и прочными стальными орудиями.

Важнейшим положением, выдвинутым еще в первой научной работе Чернова, было установление связи между тепловой обработкой стали, ее структурой и свойствами. Этим в немалой степени были заложены основы новой области науки – металловедения.

Значительную роль в прогрессе металлургии стали сыграли работы, идеи и предложения Чернова, относящиеся к усовершенствованию металлургической техники и интенсификации металлургических процессов. Его труд "Сталелитейное дело" стал фундаментальным вкладом в металлургию и явился, по существу, первым научным трудом по металловедению в России.

Научные заслуги Чернова получили признание во всем мире. Он был избран почетным членом многих научных и технических обществ в России и за границей.

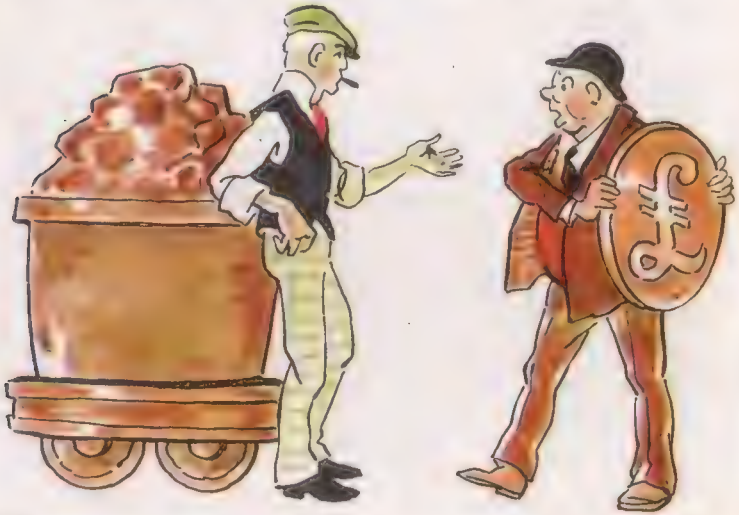
металла, установили, отчего сталь становится прочной, а отчего хрупкой, упругой, пластичной. . . Теперь можно было быть уверенным, что никакой заказ машиностроителей не застанет металлургов врасплох и сталь с нужными свойствами будет сварена.

Именно в этот "благополучный" момент многим металлургам стало ясно, что пришла пора искать новые способы получения железа.

Не парадоксально ли? Нет, ничуть. Развитие металлургии, как и любой другой отрасли промышленности, в первую очередь обусловливается глубокими экономическими факторами и общим развитием техники. А кроме того — экологией.

Сразу оговоримся: и экономика, и развитие техники, и экология — все они действовали не одновременно. Первый толчок дала экономика, а потом, уже в наше время, к ней "присоединились" и остальные два фактора. Вот мы и будем их рассматривать, так сказать, в хронологическом порядке.

Мы только что сказали, что двойной передел оформился в экономичный и высокопроизводительный процесс. И вдруг —

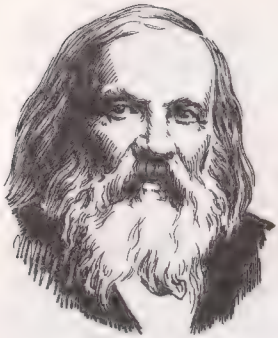


экономические факторы. . . Никакого противоречия тут нет. Просто начали меняться условия "вокруг" металлургии.

Первый серьезный удар двойному переделу нанес. . . кокс. Да, да! Тот самый кокс, который дал жизнь и современному доменному процессу, и, в конечном итоге, всему двойному переделу. Мы уже упоминали, что кокс можно изготовить только из некоторых сортов угля. Их так и называют — коксующиеся угли. Только они, выдержав длительный нагрев без доступа воздуха, способны превращаться в продукт, дающий при сгорании большое количество тепла и выдерживающий огромные давления в домне. Но. . . из всего разнообразия углей в земной коре меньше всего — коксующихся. В некоторых странах их нет совсем, в других они составляют лишь несколько процентов от общего количества углей. Так что некоторые даже промышленно развитые государства вынуждены закупать кокс у своих более обеспеченных сырьем соседей. А поскольку коксующиеся угли — дефицит, то и стоит кокс немало. Приходится платить за него золотом. Вот вам и экономика! Но дело не только в цене.

Вспомним, что требуется металлургическому заводу, работающему по способу двойного передела. Во-первых, ему требуется железная руда. Значит, завод желательно ставить возле рудного месторождения, чтобы не возить руду издалека. Во-вторых, ему требуется кокс, выполняющий функции теплоносителя и восстановителя руды. Значит, хорошо бы ставить завод и возле залежей коксующихся углей. В-третьих, заводу требуется вода, много воды для охлаждения металлургических агрегатов. Следовательно, завод обязательно надо ставить возле реки или озера.

А теперь посмотрите на карту и попытайтесь отыскать такое место, где возле реки были бы месторождения руды и коксующихся углей. Лучше не пытайтесь. . . Таким образом, чем-то всегда приходится поступаться — либо рудой, либо углем. Вода, естественно, вне конкуренции: поскольку возить ее в железнодорожных цистернах было бы верхом экономической нецелесообразности, заводы всегда строят возле воды. И стараются при этом выбрать такое место, чтобы неподалеку были либо уголь, либо руда. Именно так был построен знаменитый Магнитогорский металлургический комбинат: на берегу реки Урал возле горы Магнитной, сплошь состоящей из первосортной железной



Дмитрий Иванович Менделеев

1834 — 1907

Родина великого русского ученого — Тобольск, город ссыльных декабристов. Тесные контакты с ними и даже родственные отношения (декабрист Н.Басаргин был женат на сестре ученого) наложили заметный отпечаток на формирование личности Менделеева.

Важнейшим делом жизни Менделеева явилось открытие периодического закона химических элементов — закона, ставшего естественно-научной основой современного учения о веществе. Менделееву принадлежит также ряд важнейших работ в различных областях науки. Будучи гениальным химиком, он занимался и метеорологией, и метрологией, и агрономией, и педагогикой. Личная библиотека ученого насчитывала около 16 тысяч книг, брошюр, отдельных статей.

Менделеев читал лекции в Петербургском университете, а затем был избран профессором химии Петербургского технологического института. В 1880 году виднейшие русские ученые выдвинули Менделеева в члены Петербургской Академии наук, но реакционное большинство ее отвергло это представление, что вызвало резкий протест передовой общественности страны. Пять русских университетов назвали Менделеева своим почетным членом. Кембриджский, Оксфордский и другие старейшие университеты Европы присвоили ему почетные ученые степени.

Многое сделал Менделеев для развития производительных сил России. Его интересовали вопросы широкого использования отечественных полезных ископаемых.

Выдающийся ученый уделял большое внимание развитию металлургии, особо указывая на важность использования бедных руд. В своих трудах он обосновал также необходимость разработки богатых месторождений хромовых и марганцевых руд на Урале и Кавказе. Одним из первых в России Менделеев поставил вопрос о возвращении металлургии к прямому восстановлению железа.

руды. А кокс? Его возили за тысячи километров из Кузбасса, где тоже на берегах рек стояли металлургические заводы поблизости от залежей коксующихся углей. Так и действовал многие годы этот комплекс: с Урала в Сибирь мчались вагоны с рудой, а из Сибири на Урал в тех же вагонах мчался кокс. Можно представить, каким бременем эти маятниковые перевозки ложились на себестоимость металла! Но что поделаешь — надо!

Но ведь бывает так, что месторождения руды или коксующегося угля находятся далеко от воды. Неужели же их не используют? Отнюдь. Человечество не может позволить себе такую роскошь. И есть немало заводов, куда и руду, и уголь возят издалека. Дорого это обходится, но что поделаешь — надо!

Вот эти-то экономические соображения заставили металлургов еще в прошлом веке усомниться: а так ли уж хорош двойной передел? И не лучше ли будет заменить его каким-либо другим процессом, для которого не понадобятся все три "компонента" — руда, кокс и вода, а достаточно будет хотя бы двух. Наверное, каждому ясно, что поскольку без руды и воды не обойдешься, то "кандидатом на вылет" был кокс. Но можно ли создать такой железоделательный процесс, в котором не участвует кокс? Ответ на этот вопрос не заставил себя ждать.

В 1899 году Д.И. Менделеев пророчески писал: "Я полагаю, что придет со временем опять пора искать способов прямого получения железа и стали из руд, минуя чугун". Прямое получение. . . Но разве нужно создавать этот процесс? Он уже был создан. . . несколько тысячелетий назад. Так что же, возврат к старому? Да, но на современной промышленной основе. Известный русский металловед Д.К. Чернов теоретически обосновывает один из способов прямого восстановления. Он собирался осуществить его на практике, но, как говорится, руки не дошли: Чернов много лет отдал чрезвычайно важной работе по изучению внутренней структуры металла.

Первый в мире патент на способ прямого восстановления железа из руды был выдан еще в XIX веке немецким инженерам Сервайсу и Гредту. Это были в общем-то неплохие специалисты, но, наверное, мало нашлось бы в мире столь же самоуверенных изобретателей. Не обременяя себя предварительными исследованиями, они довольно живо разработали методику восстановления руды углеводородами — углем, маслами, жирами, смо-

лами, нефтью. Сервайс и Гредт не оценили всей сложности задачи и легкомысленно решили освоить слишком широкий диапазон восстановителей, применение каждого из которых требовало особого технологического процесса. И не было ничего удивительного в том, что созданная для промышленной отработки предложенного метода универсальная установка оказалась полностью неработоспособной. Создать такую установку невозможно даже сейчас.

Не будем слишком строги к немецким инженерам. Не одним им казалось, что это очень легко — возродить способы древних металлургов. В самом деле, описания этих способов можно было прочесть в старинных рукописях. Кое-где сохранились и горны, в которых тысячи лет назад выплавляли металл. Более того, в ряде стран еще вовсю работали крошечные домницы. Используя в качестве восстановителя березовый уголь, они выплавляли металл отличного качества. Короче говоря, история в живом виде — смотри, учись, внедряй. А если и этого мало, тогда стоило лишь открыть книгу П.П. Аносова "О булатах", которую он издал в 1841 году. Замечательный русский металлург полностью раскрыл секреты восточных мастеров, выплавлявших булатную сталь в глиняных тиглях. Тут и думать не надо: делай "по Аносову" и все в порядке.

Увы, технологию древних при всех ее достоинствах нельзя было механически перенести в новые времена. Эта технология обладала весьма существенным недостатком: чрезвычайно низкой производительностью. А в конце XIX века требовался процесс, который по всем показателям мог бы соперничать с двухступенчатым переделом.

Сначала этот процесс попробовали осуществить. . . в домне. Рассуждали так: неважно, что кокс дорог, но если удастся избавиться от "лишнего" передела и получить из руды сразу сталь, то экономия уже будет значительной. Тогда и с коксом можно примириться. И действительно, изменив режим плавки, точно рассчитав термический процесс, некоторым металлургам удалось получить в домнах высокоуглеродистую сталь. Но. . . она никуда не годилась. Все дело было в примесях. В тех самых вредных для металла веществах, которые переходят в железо из руды, да еще вносятся дополнительно коксом, — в сере, фосфоре, мышьяке и многих других. Переплавляя чугун в марте-

новских печах, от этих примесей в значительной степени удается избавиться. Железо, полученное в домне, изобиловало ими.

Доменная печь и создавалась для того, чтобы получать из руды именно чугун. Она, если можно так выразиться, учитывала все особенности этого процесса. Попытка приспособить домну к другой технологии заранее влекла к неминуемым потерям либо в количестве, либо в качестве. С количественными еще можно было бы примириться: они восполнялись за счет сокращения технологических операций. Потери качественные оказались невосполнимыми.

Принципиально новый процесс требовал принципиально нового агрегата. И когда металлурги это поняли, патенты посыпались, как из рога изобилия — В. Сименс (1871 г.), Ф. Сименс (1884 г.), Хусгавель (1885 г.), профессор Эренверт (1891 г.), Вестман (1894 г.), Грендаль (1903 г.), профессор Зиммерсбах (1903 г.), профессор Матезиус (1907 г.), Стенсфилд (1920 г.), Дуайт (1922 г.), профессор Р. Шенк (1922 г.). И этот список можно было бы продолжить.

Как легко выглядит это перечисление на бумаге! А ведь на самом деле это была необычайно тяжелая работа. Придумать что-то новое всегда нелегко, но в тысячу раз труднее изменить уже существующее. Тут приходится преодолевать и общую инерцию мышления, и собственные сложившиеся представления. У металлургов XIX века был отработанный тысячелетиями аналог — способы древних мастеров. И мысль все время "натыкалась" на эти способы. Можно только позавидовать смелости людей, сумевших отрешиться от привычного. Любопытно, что все они прославились своими работами по обычному двухступенчатому переделу. И этот кажущийся парадокс легко понять: кому как не им были лучше всего известны все недостатки доменного и сталеплавильного процессов?

На рубеже XIX и XX веков исследователи чисто теоретически сумели охватить почти все возможные в то время и мыслимые в ближайшем будущем способы прямого восстановления. Оставалось только брать один из них и конструировать соответствующий агрегат. Впрочем, первые действующие агрегаты появились еще при жизни основоположников новых способов прямого восстановления.

Самая первая успешно действующая промышленная установка такого типа была построена в 1911 году в шведском городе Хэганес. Швеция издавна славится как мировой поставщик высококачественной стали. Правда, шведская сталь отличалась не только отличным качеством, но и высокой ценой. Обусловливалось это тем, что Швеция — единственная европейская страна, которая вплоть до второй мировой войны сохраняла древние домны, работающие на древесном угле. Конечно, были в Швеции и современные для тех лет заводы, где действовали доменные печи на коксе. Но вся качественная сталь выплавлялась по старинке. Допотопные домны давали мало металла, отсюда и его высокая цена. Зато (поскольку древесный уголь — это чистый углерод, не загрязненный никакими примесями) химическая чистота стали была великолепной.

Однако в конце концов и Швецию постигла общая судьба европейских стран — дефицит леса. И уже в начале нашего столетия шведским металлургам пришлось крепко задуматься: как выпускать качественную сталь, не переводя деревья на уголь?

Впервые осуществить на практике прямое восстановление железа решил шведский инженер Э. Сьерин. К этому времени ученые разработали уже достаточно много способов одноступенчатого процесса. Но Сьерин решил "бить наверняка": обратиться к предкам. Мол, мало ли что там ученые навыдумывают, а у предков все-таки хорошо получалось. Непревзойденный булат они выплавляли в глиняных горшках, которые заполняли углем и рудой — ну что ж, попробуем поступить так же. И Сьерин почти полностью повторил способ древних мастеров. Он послойно загрузил руду и восстановитель (каменноугольную пыль и коксовую мелочь) в шамотный тигель, который поставил в печь. При выборе агрегата у Сьерина тоже особой мороки не было. Он просто использовал старую заброшенную печь, в которой раньше обжигали кирпичи.

Заметьте, какие недефицитные и дешевые материалы использовал шведский инженер. Каменноугольная пыль и коксовая мелочь — это фактически отходы угольного производства. Да и отапливал свою печь Сьерин самым дешевым углем. Правда, расходовался он в большом количестве. Десять суток подряд рабочие непрерывно кидали уголь в топку, поддерживая вокруг тигля температуру в 1200 градусов. Но десять суток — это же

долго, — скажете вы, — у древних мастеров и то процесс протекал в несколько раз быстрее. Да, конечно, долго, зато и металл получался такой, что печь Сьерина функционирует до сих пор. Она лишь претерпела некоторые конструктивные усовершенствования.

Теперь это огромная труба, изогнутая в виде тороида с длиной окружности 275 метров. Внутри — газовые горелки и 3500 тиглей. Последовательным включением и выключением горелок пламя перемещается по кругу. Весь процесс продолжается 180 часов, и в год эта установка дает 30 тысяч тонн очень дорогого металла. Правда, из-за исключительно высокой стоимости получаемого железа метод Сьерина не нашел широкого распространения, да и кольцевые печи оказались малопроизводительными. Сейчас в Швеции построены две туннельные печи (трубу выпрямили), которые обеспечивают более эффективный нагрев и сокращают время операции.

Установка Сьерина наглядно показала, что при выплавке железа можно обойтись без дефицитного кокса. Нетрудно представить, насколько это удешевит производство, раз отпадет надобность в коксовых батареях, тушильных башнях, во всем дорогостоящем коксовом оборудовании. Да и сами коксующиеся угли можно будет использовать совсем по другому назначению — как ценное сырье для химии. А главное, станет ненужной огромная доменная печь — агрегат, требующий колоссальных капиталовложений и очень высокой организации производства.

Правда, по производительности установки прямого восстановления значительно уступают "тандему" домна — мартен или домна — конвертер, а потому вплоть до середины нашего столетия они развивались слабо и лишь в некоторых странах. Положение изменилось, когда в действие вступил второй фактор — развитие техники. Иными словами, когда началась научно-техническая революция. Реактивная авиация, атомная энергетика, электроника, освоение космоса — все это поставило перед металлургами безотлагательную и крайне сложную задачу — дать металлы с новыми, доселе невиданными свойствами.

Мы восхищаемся мощностью двигателей, стремительно уносящих в космос многотонную ракету. Но насколько можно было бы увеличить мощность и как далеко продвинуть освоение космоса, если бы камеры сгорания космических двигателей сде-

лать из жаропрочных сплавов, способных работать при температуре 3—4 тысячи градусов. Увы, нет пока таких сплавов, и приходится искусственно уменьшать температуру в камере сгорания, снижать мощность двигателей.

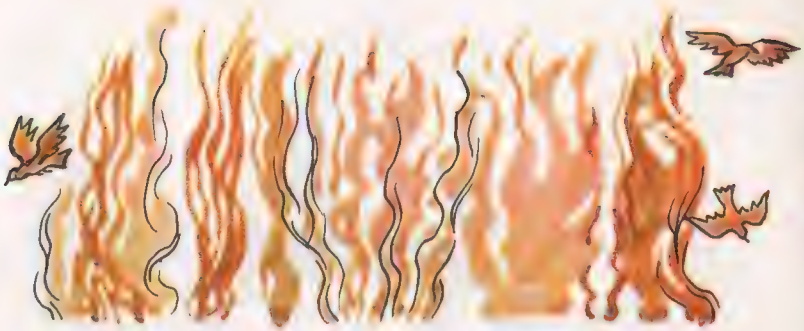
Спустимся из космоса на Землю. В современном тяжелом машиностроении применяются детали весом в сотни тонн, длиной в 30—35 метров (это высота 10-этажного дома). Только ротор турбины для Красноярской ГЭС имеет диаметр 2,3 метра. Впечатляющие цифры. Но давайте зададимся вопросом: а нужны ли такие размеры? Оказывается, они вовсе не нужны. Можно было бы обойтись гораздо меньшими и более легкими деталями, но. . . вдруг произойдет авария? Во имя этого самого "вдруг" инженеры и придают изготовляемым изделиям десяти, а то и двадцатикратный запас прочности. Если мост должен выдержать, скажем, сто тонн, его строят с учетом двухтысячетонной нагрузки. Надежно? Разумеется. Выгодно? Отнюдь нет, сплошные убытки. Ведь запас прочности — это прежде всего увеличение массы деталей. Иными словами, на деталь уходит в десять—двадцать раз больше дорогого металла, чем нужно. Но ведь есть и другой путь повышения надежности изделий: изготовлять их из металла, имеющего в десять—двадцать раз бóльшую прочность. Как же его изготовить?

Металлургам это известно давно. Ключ к прочности металлов — в их химической чистоте. Мы уже говорили, что кокс очень сильно загрязняет доменный чугун посторонними примесями. Поэтому при пе-

ДУГОВАЯ ЭЛЕКТРО-СТАЛЕПЛАВИЛЬНАЯ ПЕЧЬ

РАЗРЕЗ

реработке чугуна в сталь много сил и средств приходится тратить на удаление примесей из металла, на выведение их в шлак. Для того чтобы получить сверхчистую, особо жаропрочную сталь, приходится применять несколько стадии очистки. Сначала из чугуна в дуговой электропечи выплавить сталь. Затем переработать ее в специальных печах электрошлакового или вакуумно-дугового переплава. Разумеется, после многих переделов стоимость этих сталей становится очень высокой. Но даже эти сверхчистые стали уже не удовлетворяют машиностроение. Надо поднять их качество "выше высшего". И тогда родилась мысль: а что если переплавлять в электропечах не засоренный примесями чугун, а гораздо более чистый металл —



ну, скажем, получаемый в установках прямого восстановления? Так постепенно складывалась общая схема будущего завода, складывалось новое направление в металлургии. И как раз в это время громко заявил о себе третий фактор — экология.

Первое, что бросается в глаза, когда смотришь на металлургический завод, — трубы. Высокие и низкие, толстые и тонкие, они рвутся в небо из каждого цеха, да не по одной: над иными зданиями трубы торчат, как зубья в расческе. И каждая труба еще недавно нещадно дымила. Каких только оттенков дыма здесь не бывало — черный, рыжий, серый. Опытный металлург при одном

взгляде на дым сразу определял, и какой цех дымит, и какая операция производится. А вместе с дымом в атмосферу ежедневно выбрасывалась пыль — сотни тонн вредных веществ. Особенно много пыли выбрасывало в атмосферу сталеплавильное производство. Правда, теперь повсеместно на заводах строятся огромные и мощные агрегаты пылеочистки. Наиболее эффективные из них улавливают до 95 процентов пыли. Но погодите радоваться: оставшиеся 5 процентов — это 50—60 тысяч тонн вредных веществ, выделяемых ежегодно только при сталеварении. Эти тысячи тонн распространяются на больших площадях, а атмосферные течения переносят пыль на огромные расстояния.

Произведенные несколько лет назад расчеты показали, что каждая тонна готового металла наносит ущерб народному хозяйству в 5 рублей. А общий ущерб от загрязнения атмосферы черной металлургией — свыше 700 миллионов рублей. Цифра более чем внушительная, но явно заниженная, поскольку сюда не входит ущерб от повышения заболеваемости, снижения плодородия почв, уменьшения продуктивности лесных угодий и т.п.

Не входит сюда и загрязнение водоемов, а эта проблема сама по себе достаточно актуальна и заслуживает отдельного рассмотрения. Для выплавки одной тонны стали расходуется около 300 тонн воды. За год отрасль сбрасывает около одного миллиарда кубометров сточных вод, из которых только 70 процентов являются условно чистыми, а остальные загрязнены фенолами, цианидами, роданидами и другими примесями.

Так что проблема защиты биосферы в металлургии стоит весьма остро. Наиболее реальный путь решения этой проблемы — кардинальное изменение существующей схемы производства. В обозримом будущем наиболее рациональный способ для этого — малооперационная технология.

Что это такое? Практически малооперационная технология — это совмещение нескольких технологических процессов в одном агрегате. Например, в случае прямого восстановления — совмещение доменного и сталеплавильного процессов. Это позволяет значительно уменьшить объем агрегатов и превратить технологию из машинной в аппаратную. Иными словами, процесс будет настолько автоматизирован, что рабочие избавятся от всякого физического труда и на их долю останется только нажимать

кнопки на пульте управления. Наконец, малооперационная технология позволит резко ограничить, а то и вовсе исключить выброс в биосферу вредных отходов.

Итак, экономика, научно-техническая революция, экология... Под влиянием этих трех факторов и началось в середине пятидесятых годов нашего столетия победное шествие процессов прямого восстановления.

Успешно действовавшие до этого установки Сьерина восстанавливали железо в глиняных тиглях. Но тигли сами по себе чрезвычайно неудобны — они невелики и хрупки, часто бьются. Да и вообще, загрузить в печь и выгрузить из нее три с половиной тысячи горшков — дело хлопотное, отнимающее массу времени. А это, естественно, снижает производительность агрегата. В 1958 году испанский инженер Патрисио Эчеверриа заменил тигли стальными ретортами десятиметровой высоты. Реторта вставляется внутрь вертикальной трубы так, чтобы между ней и стенкой оставался зазор. По этому зазору поднимается раскаленный газ от сгорания угля или мазута в расположенной неподалеку топке. Газ нагревает реторту и находящаяся в ней измельченная руда, перемешанная с антрацитом и известняком, начинает плавиться. Антрацит отнимает от руды кислород, восстанавливая ее в железо, а известняк собирает все ненужные примеси и выносит их на поверхность металла.

Эчеверриа применил в своей установке ценную новинку — его реторта нагревается не равномерно по высоте, а зонально — отдельные участки имеют свою температуру. Так, очередная порция шихты поступает сначала в зону подогрева, где нагревается до 450 градусов отходящими газами, которые уже отдали основную часть тепла. Затем шихта опускается в зону восстановления, нагретую до 1000—1100 градусов, где и происходят все основные процессы. В самом низу реторты — зона охлаждения. Здесь металл слегка охлаждается перед выпуском, отдавая избыточное тепло верхним зонам реторты. Такое "безотходное" использование тепла и совершенная конструкция установки позволили сократить время процесса до 48 часов.

Установка Эчеверриа производит не готовый металл, а так называемое губчатое железо со степенью восстановления до 92 процентов. Затем его переплавляют в электропечах, вводят необходимые добавки и получают высококачественные легиро-

ванные стали. Однако способ Эчеверриа не получил широкого распространения. Получение железа в тиглях или ретортах, помимо дороговизны, имеет еще два недостатка. Во-первых, для них годятся только обогащенные руды (содержание до 71,5 процента железа), и, следовательно, мы не избавляемся от обогатительных фабрик. Во-вторых, загрузка руды и восстановителя отдельными слоями усложняет процесс. Углерод слишком долго добирается до частиц руды.

Вот почему чаще используют вращающиеся печи. Это тоже труба длиной 35—45 и диаметром около 3 метров, имеющая небольшой наклон к горизонту. С той стороны, которая повыше, в трубу засыпают вперемежку руду и уголь, с другой — подают раскаленный газ. Газ и шихта движутся навстречу друг другу — это метод противотока, очень популярный в технике. Кроме того, в кожух вмонтированы мазутные горелки, опоясывающие печь по длине эдакой растянутой спиралью. Такое расположение горелок обеспечивает дополнительный и равномерный нагрев шихты. Да еще и сама печь медленно вращается. Благодаря ее наклону руда постепенно продвигается к нижнему торцу, и выхода достигает уже готовое железо.

На этом принципе разработано несколько способов восстановления руды. Наиболее интересный из них, так называемый способ СЛ—РН, созданный совместно фирмами США, ФРГ и Канады. Здесь тоже вращающаяся печь и спирально расположенные горелки. Сталь получается великолепная. Но, как это нередко случается: улучшая одно, ухудшаешь другое. Добиваясь хорошего перемешивания руды и угля, конструкторы совсем упустили из виду, что продукты горения постоянно стремятся кверху и проходят не через шихту, а над ней. Отсюда — низкая теплопередача, уменьшающая производительность печи. Да плюс ко всему внутри трубы постоянно образуются спекшиеся куски руды, прилипающие к стенкам, — настыли, которые затрудняют прохождение шихты вдоль печи. Неудивительно, что подобных печей построено мало. Они действуют в Канаде, США, ФРГ, Новой Зеландии и Японии.

Впрочем, этот способ не получил большого распространения и еще по одной причине. Дело в том, что восстановление железа углеродом — пусть даже не дорогим коксом, а обыкновенным каменным углем — имеет большие недостатки. Во-первых, ка-

менный уголь никогда не бывает настолько чистым, чтобы не вносить в металл посторонние вещества, от которых приходится избавляться в последующем электропереплаве. А во-вторых, при прямом восстановлении углем шихту приходится нагревать посторонним источником тепла, что далеко не экономично. Даже у древних мастеров процесс был рациональнее: ведь они нагревали шихту тем самым углем, который служил и для восстановления руды.

Но разве только уголь может восстанавливать металл? По шкале химической активности, о которой мы уже говорили, над железом стоит достаточно много веществ и кроме углерода. Одно из них и привлекло внимание металлургов — водород.

Газообразный восстановитель — он имеет большие преимущества перед углем: чище, дешевле. Да и металл, восстановленный газом, получается качественней. Кроме того, не нужно нагревать шихту теплом извне: горящий газ и плавит руду, и восстанавливает ее. Так что, как видите, газ со всех сторон выгоднее. Правда, не следует думать, что металлурги обратились к газу лишь после того, как убедились в недостатках твердого восстановителя. Использование обоих реагентов в процессах прямого восстановления началось почти одновременно и шло параллельно. Кстати, преимущества газа для многих металлургов вовсе не бесспорны. Особенно в тех странах, где газа нет. Недаром до сих пор проектируются и строятся установки с твердым восстановителем.

Еще в 1918 году шведский инженер М. Виберг получил патент на способ восстановления железа горючим газом, содержащим углерод и водород. По этому способу железо восстанавливается в шахтной печи, представляющей собой по сути дела обычную туннельную печь, поставленную "на попа". Сверху вниз идет руда, снизу вверх — газ, состоящий из 65 процентов окиси углерода, 25 процентов водорода и 5 процентов углекислоты. В верхней части печи газ горит, развивая температуру 800—1100 градусов. В средней и нижней частях — раскаленная руда восстанавливается свежим притоком газа. В первых печах подобного типа один и тот же поток газа и нагревал, и восстанавливал руду.

В свое время метод Виберга произвел фурор и был разрекламирован на весь мир как чудо металлургии. Он позволял восстанавливать руду до 95-процентного железа, которое стоило де-

шевле полученного с помощью угля. Швеция в 1951—1954 годах поторопилась построить целых пять печей Виберга. И лишь после этого занялись экономическими подсчетами. "Выяснилось", что в построенных печах использовался газ, полученный из кокса в электрогазогенераторах. Таким образом, Виберг вовсе не избавился от дорогого и дефицитного кокса. Да и электрогазогенератор довольно "неудобный" агрегат: он громоздок и пожирает много электроэнергии. Помимо всего прочего, печи Виберга оказались малопроизводительными. Две печи из пяти пришлось вскоре закрыть. Остальные продержались дольше, но тоже в конце концов были вытеснены более совершенными агрегатами.

Тем не менее восстановление железа в шахтной печи газовым реагентом сулило слишком большие выгоды, чтобы не постараться довести эту технологию до "кондиции". Усовершенствованием метода Виберга занимались и американцы, и шведы, но удачнее всех — японцы. В 1959 году К. Коидзума и Д.Камисима построили экспериментальную печь. Японские инженеры нашли оригинальные решения, значительно повышающие производи-

тельность агрегата. Свою печь они разделили на три зоны. В верхней идет нагрев руды, в средней — предварительное, а в нижней — окончательное восстановление. Но самое главное — в качестве восстановителя применены газы, образующиеся при выплавке стали в электропечах. Раньше эти газы бесполезно уходили в атмосферу, теперь стали служить бесплатным топливом.

Другая особенность японской установки — двухступенчатый нагрев газа, который разделяется на два потока. Первый поток сгорает в верхушке печи и нагревает руду. Продукты сгорания не выбрасываются сразу в атмосферу, а идут в рекуператор, где нагревают до 600 градусов второй поток. Он поступает в электронагреватель, где температура газа повышается еще на 300 градусов, и уже оттуда идет в печь, где, сгорая, плавит и восстанавливает руду. Такая "ступенчатая" технология нагрева газа значительно ускоряет восстановление.

Утилизация отходов характерна для Японии, почти не имеющей полезных ископаемых и вынужденной чрезвычайно скупо расходовать любой продукт, чтобы выдержать ожесточенную конкурентную борьбу.

В самый разгар попыток улучшить идею Виберга в ФРГ появился так называемый метод Пурофер. В 1961 году была построена первая установка, сразу показавшая значительные преимущества нового способа. Установка представляет собой шахтную печь, устроенную почти так же, как японская, с незначительными конструктивными особенностями. И так же газ разделяется на два потока, один из которых подогревает другой. Но сам газ — природный. Значит, западногерманская печь не зависит от работы соседних сталеплавильных агрегатов; она может действовать сама по себе, служить основой отдельного сталеплавильного производства.

Природный газ — отличное топливо и прекрасный восстановитель. Но в печи Пурофер он работает особенно хорошо. Дело в том, что при нагревании газ соприкасается со специальными катализаторами, которые значительно повышают его активность. И это дает такую производительность процесса, которая уже устраивает металлургов.

Метод Пурофер заинтересовал многие страны, но в первую очередь — Венесуэлу, где велики запасы руды и природного газа, но нет угля. Печи, работающие на газе, уверенно завоевывают

место под солнцем. Кроме Венесуэлы, они действуют в США, ФРГ, Японии, Швеции. Но. . . ни одна из них, как впрочем и печи, работающие на твердом восстановителе, не дает готового металла. Готового, разумеется, с современной точки зрения. Они дают почти такое же губчатое железо, какое получалось у древних ремесленников в их примитивных горнах. Почему же это происходит? Да все по той же причине: и твердое, и газообразное топливо в установках прямого восстановления не нагревает шихту выше 1100 градусов. А при такой температуре, как мы знаем, технически чистого железа не получишь. Конечно, трудно представить, чтобы при современном уровне развития техники не нашлось способов повысить температуру. Но. . . тогда восстанавливающееся железо поглотит углерод в гораздо больших количествах и превратится в чугун. Мы пришли бы к тому, от чего пытались уйти.

Важную роль играет одно обстоятельство — скорость протекания химического процесса. Так вот, когда шихта нагревается до 1100 градусов, процесс протекает замедленно, производительность агрегата невелика. Иное дело — выплавка жидкого металла. Тут все идет с большой скоростью, с интенсивной передачей тепловых потоков. И производительность очень высока. А главное, процесс можно сделать непрерывным: в установку все время подается руда, а из лотка непрекращающейся струйкой течет металл. Правда, таких непрерывных установок еще нет, но их создание, как говорится, не за горами.

А пока на шведском заводе "Домнарвет" работает оригинальная вращающаяся печь. Сначала в нее засыпают мелкий коксик или какое-либо другое твердое топливо слоем в несколько сантиметров. Пускают струю кислорода и поджигают эту "постель", нагревая до 1300 градусов. Затем подают руду, известь для образования шлака и тот же коксик, но теперь он играет роль восстановителя. Происходит стремительное восстановление руды, науглероживание и плавление металла. После этого выпускают шлак, а затем чугун, который обходится дешевле доменного и гораздо лучше его по качеству — почти не содержит фосфора, кремния и марганца.

Но такие установки — исключение. На подавляющем большинстве производят все-таки губчатое железо. А дальше открываются два пути. Первый — пойти по стопам древних: проковать

Михаил Константинович Курако

1872 — 1920

Свою трудовую деятельность выдающийся русский металлург-доменщик начал в 1890 году на заводах Юга России. Здесь Курако освоил все специальности доменного производства — был каталем, газовщиком, горным мастером, наконец начальником доменного цеха Краматорского металлургического завода. Одновременно Курако отдавал много времени и сил самообразованию — изучил химию, физику, лабораторное дело, несколько иностранных языков. Он хорошо знал литературу, историю, философию, интересовался социально-экономическими вопросами. За участие в революционных событиях 1905 года Курако на несколько лет был выслан в Вологодскую губернию. В самом начале Великой Октябрьской социалистической революции, будучи членом РКП (б), он принимал активное участие в деятельности Совета рабочих и крестьянских депутатов в Юзовке. В конце 1917 года он уехал на строительство Кузнецкого металлургического комбината, где под его руководством разрабатывался проект этого предприятия.

Курако принадлежит ряд важных усовершенствований в доменном деле. Им был сконструирован и построен первый в России наклонный подъемник с автоматическим распределением загружаемой шихты, разработана оригинальная конструкция горна доменной печи (общепринятая в настоящее время), внедрен усовершенствованный фурменный прибор для подачи дутья, введены четыре стандартные марки фасонного огнеупорного кирпича (это позволило в два раза сократить время на капитальный ремонт печей).

Курако имел всеобщее признание как непревзойденный мастер доменного дела. Он явился основателем школы русских доменщиков. Под непосредственным руководством Курако прошли производственную выучку многие замечательные инженеры-металлурги, в частности И.П. Бардин.

губчатое железо. Безусловно, получится отличный металл. Но слишком дорогой, чтобы пускать его на изделия массового потребления. Остается второй путь — переплавить губчатое железо в электропечи. Так и поступают, добавляя при переплавке легирующие вещества, чтобы получить сталь специального назначения — жаростойкую, кислотоупорную, нержавеющую, инструментальную и т.д. Качество этой стали ничуть не хуже, а в ряде случаев значительно выше, чем полученной в "классическом" двойном переделе. А обходится она гораздо дешевле.

Именно такая технология и пришла в Старый Оскол.

ПОИСК ПРОДОЛЖАЕТСЯ

Этого завода еще нет. Но место для него уже подготовлено. В 20 километрах южнее Старого Оскола бульдозеры выровняли огромную площадку и строители уже размечают на ней места, где встанут будущие цехи. Раньше здесь простиралось чистое поле с песчаными, малопродуктивными для сельского хозяйства почвами. Потому-то это место и выбрали для завода. Впрочем, не только поэтому.

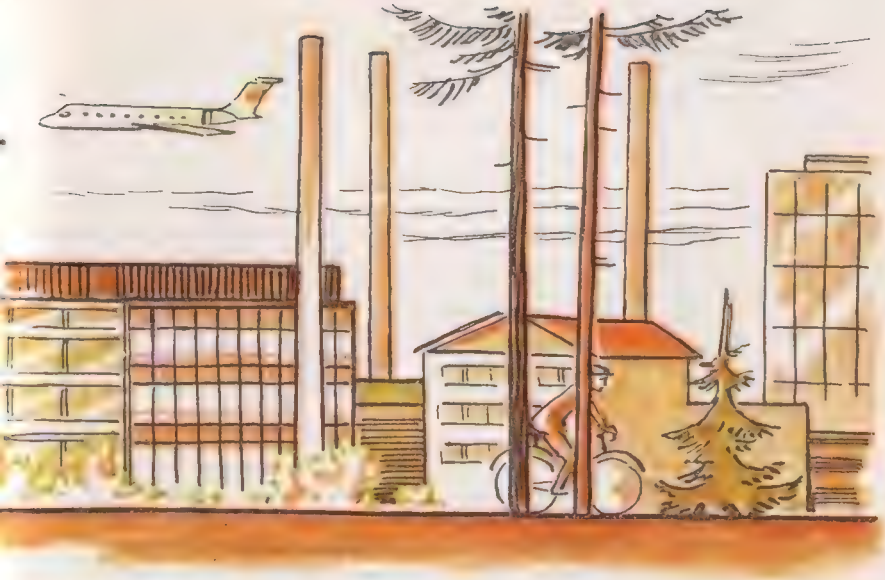
Между строительной площадкой и городом густой лесной массив, который будет надежно защищать Старый Оскол от тех промышленных выбросов, которые сумеют прорваться сквозь фильтры и ловушки. Забота о здоровье людей продиктовала решение отказаться от привычных заводских поселков. Работники нового завода будут жить в городе, а на завод ездить на скоростном трамвае. Рельсы для него уже проложены, и весь путь до работы и обратно отнимет у оскольцев времени ничуть не больше, чем у многих жителей Москвы, Ленинграда, Киева и других крупных городов. Строительную площадку со Старым Осколом уже связывает шоссе семиметровой ширины (когда завод будет пущен, оно станет вдвое шире).

А теперь давайте назовем новое предприятие его настоящим именем — Оскольский электрометаллургический комбинат, сокращенно ОЭМК. И прежде, чем мы совершим путешествие по его цехам, скажем еще несколько слов о городе, давшем название новому комбинату.

Почему выбрали именно этот старинный русский город? Ну, во-первых, он стоит на земле Курской магнитной аномалии —

крупнейшего в мире железорудного месторождения. Во-вторых, недалеко от города проходит линия электропередач энергетического кольца европейской части СССР, да к тому же здесь будет построена Курская атомная электростанция. Так что и сырьевой, и энергетической базой комбинат обеспечен. И не только ими. Город стоит на трех реках — Оскол, Котел и Убла, которые полностью удовлетворят потребности комбината в воде. И, наконец, Старый Оскол, насчитывающий уже сейчас 90 тысяч жителей. буквально на глазах, интенсивно растет и очень скоро станет крупным промышленным центром.

ОЭМК строится в деловом содружестве с западногерманскими фирмами. Для наших партнеров, как писала одна западногерманская газета, это сотрудничество выгодно не только с коммерческой точки зрения, но и из соображений престижа: ведь они поставят оборудование для комбината, который по своей мощности, по новизне технических решений является единственным в мире. Ну а мы получим отличное передовое предприятие. Но



для этого советским и западногерманским специалистам пришлось решить множество подчас весьма запутанных вопросов.

Сейчас, когда пишется эта глава, еще уточняются отдельные детали, ведутся споры по некоторым технико-экономическим показателям, изыскиваются последние, наиболее оптимальные решения. Но это все — частности. Главное уже всем ясно, определено, закреплено документально. И специалисты Гипромеза, которые проектируют комбинат, могут уже подробно рассказать, какой он будет, как будут работать его агрегаты, какая продукция выйдет за его ворота. Давайте же и мы пройдемся по его еще не застроенной территории, заглянем в его еще не возведенные цехи, проследим за волшебными превращениями еще не рожденного металла.

Путь этот начинается с руды. Добывать ее для ОЭМК будут на Лебединском горно-обогатительном комбинате. На этом предприятии, как видно уже из названия, руду не только добывают, но и обогащают — избавляют от пустой породы.

ОЭМК находится от Лебединского ГОКа на том же расстоянии, что и от города. Но здесь вы не встретите ни большегрузных автомашин, ни железнодорожных платформ с рудой. И хотя от ГОКа до металлургического комбината тоже проляжет шоссе, по нему будут ходить "Волги", автобусы, грузовики — самый обычный транспорт с самыми обычными грузами. Ну а руда? Она будет подаваться. . . насосами по трубам. Способ этот далеко не новый. Так у нас во многих шахтах подают на-гора уголь. Так транспортируют многие сыпучие материалы. Это дешевый и производительный вид транспортировки.

Разумеется, руду в том виде, в каком ее добывают из земли, транспортировать по трубам нельзя: никакой насос "не умеет" передвигать твердые куски породы. А если бы и умел, то все равно из этого ничего бы не вышло: трение о стенки трубы будет таково, что поток горной массы остановится через десяток-другой метров.

Инженеры нашли очень простой выход: они мелко измельчают руду и "разбавляют" ее водой. Получается жидкая кашица — пульпа. Вот ее и гонят насосами по трубам. И если насосы мощные, а трубы большого диаметра, то пульпа мчится, как горный поток. И всегда ее хватает с избытком. Тут уже не приходится опасаться, что подведет железнодорожный или автомобильный транспорт и начнутся перебои в снабжении.

Ну а что делать с пульпой дальше? Ведь в печь мокрую "кашу" не загрузишь. Вода испарится, на что уйдет огромное количество тепла, а руда, прежде чем расплавиться, слипнется от жары в настолько плотную массу, что ее не пробьют никакие воздуходувки. Да и при всем том просто жалко воду. Не так уж богата Курская область реками, чтобы можно было вот так "щедро" расходовать драгоценную влагу.

Бояться нечего. Воды уйдет не так уж много. Для нового завода предусмотрен оборотный цикл. Это значит, что вода, которая принесла на завод руду, вовсе не пропадет для промышленности, а будет использоваться много раз. Практически это будет так. жидкая пульпа поступит в ванны осаждения — огромные бассейны диаметром 52 метра. Здесь пульпа будет отстаиваться. Постепенно частички руды осядут на дно, а вода, пройдя через фильтры, снова отправится по трубам на горно-обогатительный комбинат, чтобы принять в себя новую руду. Конечно,

Какие-то потери воды при этом неизбежны. Но потери незначительные, и регулярные добавки свежей воды в этот круговорот не скажутся сколько-нибудь отрицательно на гидроэнергетическом балансе области.

Ну а что с рудой, которая оседает в ваннах и ложится толстым слоем на дно? Ее подают оттуда конвейерами в цех окомкования. Там стоят машины, главная часть которых — большой вращающийся барабан. Это установки для производства окатышей. Мельчайшая, промытая в воде руда, да еще смешанная со специальным клеящим веществом, великолепно слипается в круглые шарики. Затем их обжигают на агломенте, и шарики делаются крепкими, способными выдержать очень большое давление. Содержание железа в них достигает 67 процентов, так что для последующих агрегатов остается не так уж много работы. Эти последующие агрегаты находятся в цехе металлизации — главном цехе будущего завода.

Проектировщики намечают поставить здесь 10—12 установок прямого восстановления железа. Каждая из них — это вертикальная шахтная печь 50 метров в высоту и 8 метров в диаметре. Сооружение, как видите, не маленькое. Установка прямого восстановления — сложнейший агрегат. Сложнейший не по конструкции — в конце концов это не более чем труба переменного сечения, а по обилию вспомогательных механизмов и приборов, осуществляющих и контролирующих технологический процесс.

В приемные устройства, расположенные в верхней части установок, и хлынет непрерывный поток окатышей. Весь процесс здесь, как впрочем и везде на этом заводе, строится с учетом максимальной механизации. Окатыши будут подаваться из цеха окомкования транспортерами без участия человека. Ему останется только нажимать кнопки на пульте управления.

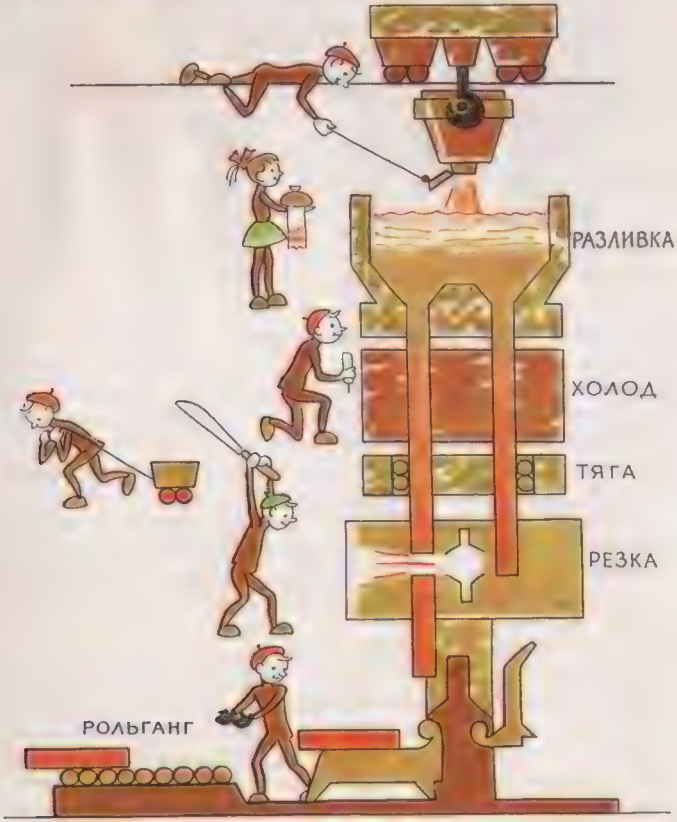
Итак, окатыши из приемного устройства устремятся вниз с пятидесятиметровой высоты, а навстречу им, снизу вверх, хлынет горячий природный газ, содержащий 90 процентов окиси углерода и 10 процентов водорода. Иными словами, газ состоит из великолепных восстановителей железа и не содержит в себе никаких вредных примесей. Предварительно газ проходит через нагревательные устройства, при выходе из которых его температура достигает 850—900 градусов. Этот нагрев плюс тепло собственно горения и дадут необходимую температуру для металлизации окатышей. К концу пути вдоль печей окатыши уже на 93—95 процентов будут состоять из железа.

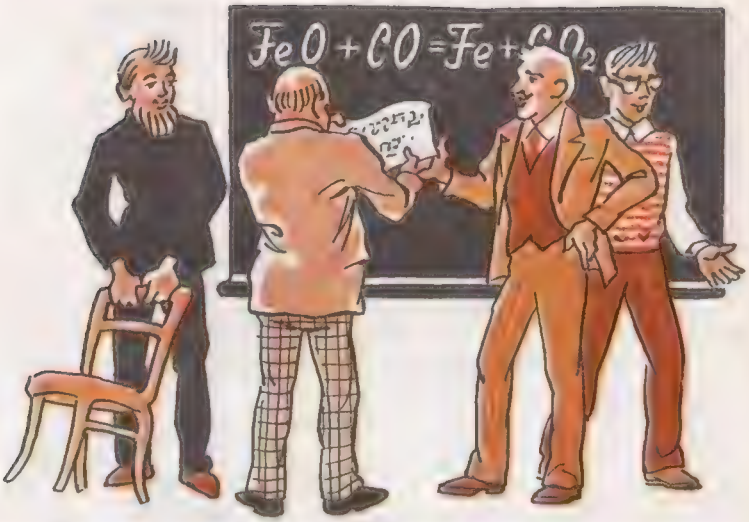
Предвижу удивление некоторых читателей. Как! — воскликнут они. — В последней четверти двадцатого столетия, на гребне научно-технической революции строятся установки, которые не могут дать готового расплавленного железа? Установки, в которые поступают окатыши и выходят из них тоже окатыши, только с заметно большим содержанием железа. Да стоило ли огород городить?

Стоило. Хотя бы потому, что установки прямого восстановления ОЭМК могли бы давать и расплавленное железо, но. . . это не входит в планы создателей комбината. Можно совсем немного увеличить температуру в установках, и окатыши расплавятся. Тогда заливай металл в изложницы, и получишь слитки, по своим качествам значительно превосходящие мартеновскую или конвертерную сталь. В этом металле почти не будет вредных

примесей. Но это-то "почти" и не устраивает создателей нового комбината. Ведь комбинат, который будет построен в Старом Осколе, предназначен выпускать сталь не обычную и даже не просто хорошую.

ОЭМК будет комбинатом качественных сталей. И поэтому металлизованные окатыши из установок прямого восстановления поступят в электроплавильный цех. Здесь будут стоять





дуговые электропечи, самые дешевые и производительные из электросталеплавильных агрегатов. В них окатыши расплавятся и пройдут дополнительный цикл очистки от примесей. Более того, в электропечах после добавок соответствующих веществ сталь превратится в легированную.

Но и на этом процесс очистки не закончится. После того как сталь сварят, ее сольют в ковш, который поставят под вакуумный колпак. Воздух откачают, и газы, растворенные в металле и ухудшающие его свойства, выйдут наружу. Вот теперь только сталь готова. Она поступит на установку непрерывной разливки, а оттуда на прокатные станы, где и превратится в готовые металлические изделия.

Итак, посчитаем, чего же не будет на новом комбинате? Не будет дорогостоящего коксового производства, не будет домен, мартенов и конвертеров. Не будет даже печей электрошлакового и вакуумно-дугового переплава, в которых получают сегодня самую лучшую сталь. Они не понадобятся, потому что сталь ОЭМК вышедшая из обычных дуговых электропечей, будет ничуть не хуже.

В этом — конечная цель нового комбината. Сталь, которая сейчас производится в весьма ограниченном количестве и имеет очень высокую себестоимость, начнут выплавлять на высокопроизводительных агрегатах и по относительно дешевой цене. А это значит, что машиностроители получат большое количество великолепного металла для ответственных изделий, долговечность которых возрастет в десятки раз. И поскольку металл нового завода будет обладать повышенной прочностью, сами эти изделия станут гораздо более легкими, что даст широчайшие возможности конструкторам.

И еще одно. Здесь, в Старом Осколе, будет не просто комбинат. Он еще будет школой, где воспитают новые кадры металлургов. Овладев тонкостями процесса прямого восстановления, они потом смогут применить свои знания на других подобных или еще более удивительных заводах, которые, несомненно, тоже будут построены.

Итак, первая очередь Оскольского электрометаллургического комбината (ОЭМК) строится. Бесконечным потоком движутся по дорогам огромные самосвалы. Натужно ревя, вгрызаются в землю бульдозеры. Рассекают воздух длинные стрелы башенных кранов. И одно за другим поднимаются над стройплощадкой здания красавцев-цехов.

А далеко от этой площадки, в Москве, на проспекте Мира, в огромном корпусе Государственного института по проектированию металлургических заводов идет совсем другая работа. Проектировщики решают, каким будет комбинат уже не завтра, а послезавтра, заглядывают в восьмидесятые годы. Конвейером сходят с кульманов рулоны чертежей, разрабатываются генеральные планы, кипят споры, проводятся беседы и совещания... Заканчивается проектирование второй очереди ОЭМК. После ее постройки комбинат станет существовать как единое, логически обоснованное целое.

Вторая очередь комбината, как и первая, включает уже знакомые нам производства — полный технологический цикл. Будет построено еще несколько машин для окомкования. Они дадут окатыши второму блоку металлизации — здесь будут действовать еще более мощные печи, чем в первой очереди. Рядом встанет второй электросталеплавильный цех — четыре 200-тонные дуговые электропечи, которые за год смогут выплавлять от полу-

тора до двух миллионов тонн качественной стали. Расплавленный металл начнет поступать на установки непрерывной разливки и выходить из них в виде слябов. А для переработки этих слябов будет построен толстолистовой прокатный стан. Его продукция — большие листы металла толщиной от 5 до 50 миллиметров. С пуском второй очереди комбинат станет поистине универсальным, он будет выпускать и сортовой, и листовой качественный металл, крайне необходимый для многих отраслей промышленности.

Новое предприятие в отличие от старых, давно работающих заводов будет управляться на принципиально иной, высокосовершенной основе. Самое широкое применение найдут здесь электронно-вычислительные машины. Решение этой проблемы для металлургии имеет особое значение. Огромное количество факторов, участвующих в металлургическом процессе, экстремальные условия его ведения (высокая температура и давление при выплавке стали и ее прокатке), разнообразие химических реакций — все это затрудняет применение ЭВМ.

Управление Оскольским электрометаллургическим комбинатом будет осуществляться с единого вычислительного центра. Десятки ЭВМ возьмут под свой контроль ведение всех технологических процессов и работу всех подразделений огромного хозяйства, начиная от бухгалтерии и кончая получением готового металла. Сотни дисплеев покажут на своих экранах данные для операторов. А операторы на комбинате — большинство работающих.

Это — тоже отличительная особенность ОЭМК. Сложнейшая современная техника, обеспечение оперативного управления ею требуют и принципиально новых приемов работы. Уже сейчас многие совершенные металлургические агрегаты управляются с операторского пульта, уже сейчас многие технологические процессы направляют и корректируют нажимом кнопки.

В Старом Осколе будет сделан еще один шаг вперед — осуществление контроля за управляющими машинами. И тут вступает в свои права эргономика. Человек и машина, которой он управляет, должны полностью "соответствовать" друг другу. Поэтому и требуются новому комбинату на ключевые участки производства не просто рабочие, хорошо знающие ту или иную технологию, а операторы, способные охватить весь процесс целиком,

связать логической цепью причины и следствия во всех его звеньях. Такие люди должны обладать большими теоретическими знаниями, уметь "понимать" машину и работать с ней. Разумеется, это отнюдь не принижает значения практического опыта и интуиции работников. Наоборот, при новой организации производства эти качества еще более необходимы. Ибо как ни совершенна электронно-вычислительная машина, умеющая мгновенно рассчитать и найти оптимальный вариант того или иного технического или технологического решения, но еще более "совершенен" должен быть человек, управляющий этой техникой. Ибо в самых сложных, самых ответственных случаях ему принадлежит последнее слово. Именно для этого нужны и знания, и интуиция, и опыт.

Столь густое "насыщение" электроникой определяет еще одну особенность ОЭМК — невысокую численность работающих. По сравнению с "классическим" заводом той же мощности на комбинате в Старом Осколе будет работать в два с половиной раза меньше народа. А меньше людей на производстве — значит выше экономические показатели его работы. И в этом тоже особое значение ОЭМК для отечественной металлургии — значение его как школы экономики, как производства, где отрабатываются наиболее совершенные способы управления, создается наиболее выгодная технология, решается комплекс экономических задач, чтобы потом все лучшее отобрать и распространить по всей отрасли.

Ну вот, книга закончена. И я хотел уже было поставить последнюю точку, но потом задумался: а не рано ли? Ведь поиск-то не окончен. Хотя в мире известно уже около пятидесяти способов получения железа прямо из руды, минуя доменный процесс, металлурги ищут все новые и новые, еще более совершенные, экономичные, производительные. И эти новейшие способы уже кое-где осуществлены. В том числе и у нас. Да, да! Комбинат в Старом Осколе еще не построен, а прямое восстановление железа уже начало победное шествие по нашей стране. И я решил закончить книгу репортажем, который два года назад опубликовал в газете "Социалистическая индустрия".

Это был самый удивительный кинжал, который я когда-либо держал в руках: с хищным, стремительно сбегающим к острию лезвием с двумя продольными боковыми канавками на каждой стороне и. . . заурядной пластмассовой ручкой от кухонного ножа. Словом, самоделка, каким в действительности и было это оружие. Но стоило повернуть лезвие под определенным углом к свету, и на нем явственно проступали характерные волнистые узоры, спутать которые специалисту невозможно ни с чем. А режущая кромка была заточена так, что при взгляде на нее возникал холодок в груди.

— Самое трудное было заточить лезвие, — пожаловался мне руководитель научно-исследовательской группы С.П. Лаппа. — Не знаю, как это делали древние, но нам пришлось применить алмазный круг: обычный абразив не брал. Зато и результат...,- он положил на стол, обитый цинковым листом, толстый гвоздь и предложил: — Рубите!. . .

Наверное, в каждом из нас осталось что-то от тех времен, когда, как поется в песне, "мужскими считались вещами кольчуга, седло и копье". На мгновение мне показалось, что я не в оборудованной по последнему слову техники проблемной лаборатории Донецкого политехнического института, а на ратном поле. . . Удар! Половинки гвоздя с визгом разлетелись в стороны, на цинковой обшивке стола появилась глубокая вмятина. А кинжал. . . на нем не осталось даже царапины.

— Это еще что! — сказал Сергей Павлович. — Теперь главный фокус. Он подбросил в воздух шелковый платочек, рубанул, и я, не веря себе, увидел, как, трепеща, опускаются на пол два лоскутка легкой ткани.

Теперь у меня исчезли последние сомнения: только одна сталь в мире способна на такое — булат.

О нем упоминал еще Аристотель. В Индии он назывался вуц, в странах Средней Азии — табан, В Персии — хоросан, в Сирии — дамаск. И столько легенд сложилось о нем за тысячелетия, что и по сей день историки не могут отделить в них правду от вымысла. Секрет изготовления булата считался навеки потерянным, хотя множество блестящих ученых, в том числе и "король экспе-

римента" Майкл Фарадей, пытались разгадать его. Удалось это только русскому ученому П.П. Аносову в 1833 году.

— Аносов выплавлял булат, как и древние мастера, в глиняных тиглях. Естественно, что из-за крайне низкой производительности этот способ не мог получить распространения, — говорит научный руководитель проблемной лаборатории, кандидат технических наук Г.А. Дорофеев. — Нам же нужно было найти метод, отвечающий требованиям сегодняшнего дня. . .

Установка для получения булата на удивление проста. По сравнению с огромными "классическими" металлургическими агрегатами она кажется даже какой-то. . . несерьезной, что ли. Пятиметровая колонна, по которой медленно поднимается держатель с зажатым в нем графитовым электродом. Вслед за ним так же медленно ползет медный кристаллизатор с расплавленным в нем синтетическим шлаком: он охлаждается водой, непрерывно циркулирующей между двойными стенками. А в кристаллизатор по гибкому резиновому шлангу скатываются один за другим маленькие светло-серые шарики. Это окатыши — особым образом приготовленная металлизованная руда.

Несмотря на то что плавка идет полным ходом, в лаборатории не слышно гула бушующего факела пламени, нет и густого дыма — непременных атрибутов сталеплавильных процессов. Правда, совсем без дыма тут не обошлось, но крохотная светлая струйка, поднимающаяся из кристаллизатора, улавливается обычным вытяжным зонтом.

Проходит совсем немного времени, и по стенам лаборатории начинают прыгать розовые блики: между нижним краем кристаллизатора и медным поддоном показывается маслянисто-красная полоска металла. Все выше и выше перемещался кристаллизатор, все шире и шире становится дышущая жаром полоса — окатыши, расплавленные электрическим током, отдали в шлак все ненужные примеси и пустую породу и превратились в невиданный доселе сплав. Это и есть новый процесс восстановительной электроплавки (ВЭП), разработанный в Донецком политехническом институте.

— До сих пор металл получали только в многоступенчатых процессах, — продолжает рассказ Г.А. Дорофеев. — "Классической" стала цепочка из домны и мартеновской печи или кислородного конвертера. А для получения дорогих высоколегиро-

Иван Павлович Бардин

1883 — 1960

Бардин родился в селе Широкий Уступ Саратовской губернии. В 1910 году он окончил Киевский политехнический институт и затем уехал в США, где два года был рабочим на металлургических заводах. Вернувшись на родину, работал на металлургических заводах Юга России. В 1929—1936 годах был одним из руководителей строительства Кузнецкого металлургического комбината. С 1937 года Бардин на руководящей работе в черной металлургии страны.

Велики заслуги Бардина в развитии советской металлургической науки. С 1932 года он действительный член Академии наук СССР, а с 1942 года — ее вице-президент. В годы Великой Отечественной войны Бардин руководил работами Академии наук, направленными на мобилизацию ресурсов восточных районов СССР для нужд обороны. В 1942 году его работа по мобилизации ресурсов Урала была удостоена Государственной премии. С 1939 года Бардин — директор Института металлургии АН СССР, а с 1944 года — директор созданного по его инициативе Научно-исследовательского института черной металлургии (ныне ЦНИИчермет им. Бардина).

Главные работы замечательного советского ученого охватывают вопросы проектирования новых, мощных, полностью механизированных металлургических заводов, создания наиболее совершенных типовых металлургических агрегатов, интенсификации металлургических процессов (особенно с помощью кислорода), освоения и комплексного использования новых видов металлургического сырья.

В 1945 году за большие заслуги в становлении металлургической промышленности И.П. Бардину было присвоено звание Героя Социалистического Труда. В 1958 году за создание первых промышленных установок непрерывной разливки стали он был удостоен Ленинской премии.

ванных сталей металлизованную руду или стальной лом сначала переплавляют в дуговых электропечах, а затем улучшают в печах электрошлакового или вакуумно-дугового переплава. И каждая из стадий, улучшая металл, оставляет в нем и следы своих недостатков — в виде нежелательных примесей и газов. А ведь хороший металл — это прежде всего металл чистый. Мы решили уменьшить количество стадий, чтобы улучшить качество металла. И для этого обратились к древнему способу одностадийного получения стали, разумеется, осуществив его на современной основе. . .

Они осуществили новый процесс и получили сталь, первый же химический анализ которой привел их в смятение. Ибо в ней оказалось. . . 3,5 процента углерода. Предчувствую, что металлурги, увидя эту цифру, также будут в смятении, потому что сталь и 3,5 процента углерода — понятия несовместимые. Три с половиной процента углерода в металле — это уже чугун, ни ковать, ни прокатывать который невозможно. Металл же, полученный в процессе восстановительной электроплавки, словно издеваясь над тысячелетними канонами металлургии, отлично ковался и прокатывался, обладал великолепной прочностью и пластичностью. А резцы и фрезы из него не уступают инструментам из легированной стали, хотя и стоят в два раза дешевле.

В чем дело? Разрешить загадку ученым помог старший реставратор Владимиро-Суздальского музея В.И. Басов, который много лет моделирует процесс выплавки булатной стали по данным П.П. Аносова. Проведя анализ загадочного металла, он уверенно сказал — булат! Неудивительно, что первым "опытным" изделием из первого слитка был кинжал.

А затем электронный микроскоп, масс-спектрограф, другие современные точнейшие приборы показали: углерод в новом металле находится в необычном состоянии. Не в виде карбидов, располагающихся между зернами кристаллической решетки и увеличивающих хрупкость металла. Нет, здесь углерод аморфный: он входит в сами зерна и, увеличивая прочность металла, совершенно не делает его хрупким.

Таким образом, новый сталеплавильный процесс ответил на загадку, тысячи лет не дававшую покоя металлургам. Вот от чего зависели волшебные свойства булата: от аморфного углерода. Древние мастера за сотни лет сумели подобрать техноло-

гию, не позволяющую углероду образовывать хрупкие карбиды. А это значит, что, перейдя от древнего одностадийного процесса к двойному и тройному металлургическому переделу, мы оставили неиспользованными огромные резервы для повышения качества металла. Но только ли этим ценен новый процесс?

— Основа основ каждой технологии — экономичность, — говорит С.П. Лаппа. — В этом отношении наш процесс имеет немалые преимущества. И в мартене, и в конвертере, и в электропечи частично окисляются и переводятся в шлак такие необходимые металлу примеси, как кремний и марганец. Кроме того, во время плавки выгорает и определенное количество самого железа. В нашем же процессе все эти потери практически исключены. . .

Итак, родилась новая суперуглеродистая сталь, призванная заменить многие легированные инструментальные сплавы. В сотрудничестве с научно-производственным объединением "Тулачермет" и Донецким металлургическим заводом имени В.И. Ленина разработана промышленная технология, первое внедрение которой будет осуществлено на этом предприятии. Но по-прежнему в проблемной лаборатории дрожат на стенах розовые блики, по-прежнему из медного кристаллизатора выходят все новые и новые слитки — ученые продолжают исследовать булат, стремясь превратить древние легенды о нем в явь наших дней.

ИБ № 1376

Альберт Абрамович
ВАЛЕНТИНОВ

ЧТО НОВОГО В СТАРОМ ОСКОЛЕ ?

Редактор издательства **Б.С. Шур**
Художественный редактор **Г.А. Жегин**
Технические редакторы
Л.В. Добужинская, В.А. Лыкова
Корректоры
Ф.Б. Цалкина, О.В. Щербакова

Подписано в печать 28.12.78
Т–23601 Формат бумаги 70 X 108 1/32
Бумага офсетная № 1 Печать офсетная
Усл. печ. л. 5,25 Уч.–изд.л. 6,20
Тираж 58 000 экз. (1-й завод 1–35000 экз)
Заказ Цена 40 к. Изд. № 3599

Набрано в издательстве "Металлургия" на машине композер ИБМ 82 оператором Е.И. Карначевой

Издательство "Металлургия",
119034, Москва, Г-34, 2-й Обыденский пер. д.14.

Типография издательства "Калининградская правда"
г. Калининград (обл.), ул. Карла Маркса, 18

40 коп.

«МЕТАЛЛУРГИЯ»